

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária de Beja

Mestrado em Engenharia do Ambiente

**Gestão de Fontes Radioativas Seladas na indústria – Um
Estudo Introdutório**

Álvaro Miguel Fraústo Tavares

BEJA

2018

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária de Beja

Mestrado em Engenharia do Ambiente

Gestão de Fontes Radioativas Seladas na indústria – Um Estudo Introdutório

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Beja para cumprimento dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

Álvaro Miguel Fraústo Tavares

Orientadora: Professora Doutora Maria Isabel Paiva

Coorientadora: Professora Doutora Ana Cristina Pardal

BEJA

2018

“A mente que se abre a uma nova ideia, jamais volta ao seu tamanho inicial”

ALBERT EINSTEIN

AGRADECIMENTOS

Nesta secção de agradecimentos, seguramente, não me permite agradecer, como devia, a todas as pessoas que, ao longo do meu Mestrado em Engenharia do Ambiente me ajudaram, direta ou indiretamente, a cumprir os meus objetivos e a realizar mais esta etapa da minha formação académica. Desta forma, deixo apenas algumas palavras, poucas, mas um sentido e profundo sentimento de reconhecido agradecimento.

À Professora Doutora Ana Pardal, expresso o meu profundo agradecimento por todo o seu apoio, motivação, amizade, confiança, ensinamentos e ajuda durante todo o processo de elaboração desta dissertação.

À Professora Doutora Isabel Paiva, o meu sincero agradecimento pela orientação e apoio incondicionais que muito elevaram os meus conhecimentos científicos e, sem dúvida, muito estimularam o meu desejo de querer desenvolver o meu conhecimento sobre esta temática.

Ao Engenheiro Romão Trindade, expresso a minha gratidão pela oportunidade e abertura de uma porta para um novo tema.

À SOMINCOR e em especial ao Engenheiro Reis Soares, pela oportunidade que me deu a conhecer a empresa e a sua gestão de fontes radioativas seladas.

AO IST pela oportunidade que me deu a conhecer as suas instalações e a sua equipa de trabalho.

À minha amiga e colega Engenheira Adriana Catarino por todo o apoio, motivação, companheirismo e acima de tudo amizade que foi e continua a ser muito importante para mim.

Aos meus amigos e colegas, 2º Comandante Eduardo Rocha, BB 3ª Alexandre Damásio, BB 3ª Paulo Marques por toda ajuda, preocupação e dedicação demonstrada durante o decorrer do Mestrado.

Ao novo membro da família, o meu filho Martim Tavares, e em especial à minha mulher Daniela Jacob, por toda ajuda, dedicação, motivação, apoio, amor, amizade, carinho, confiança e força, em todos os momentos. Por tudo uma enorme gratidão!

Não posso deixar de agradecer carinhosamente, a minha mãe Gertrudes Fraústo e a minha irmã Fernanda Tavares, por todo o apoio, amor e confiança que, constantemente, me oferecem.

A todos o meu enorme agradecimento!

RESUMO

As fontes de radiação são utilizadas em todo o mundo no âmbito das aplicações na indústria, medicina, investigação, agricultura e educação.

Uma fonte radioativa selada é constituída por material radioativo em forma não desprezível no ambiente, seja através de inclusão em invólucro selado seja por deposição eletroquímica em suporte metálico.

Fontes radioativas seladas são utilizadas em muitas aplicações industriais, nomeadamente em ensaios não-destrutivos (gamagrafia) e na esterilização de produtos (alimentos e equipamentos médicos). Também são usadas no controlo de processos e na calibração de equipamentos. As fontes radioativas seladas são consideradas resíduos radioativos quando, por exemplo, a atividade inicial decaiu para um valor que as torna inúteis para o fim a que inicialmente se destinavam.

Em Portugal, a utilização de uma fonte selada carece de autorização da Direção Geral de Saúde.

No desenvolvimento desta dissertação, visitou-se a empresa SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo S.A., com o objetivo de estudar as aplicações das fontes radioativas seladas lá existentes e compreender a sua gestão, nomeadamente como resíduo radioactivo.

Na SOMINCOR, as fontes seladas encontram-se em densímetros e analisadores de processos.

As fontes radioativas seladas, em Portugal, são ainda um tema pouco abordado. Dessa maneira, muitas entidades intervenientes, nomeadamente instituições e empresas, desconhecem a existência de fontes radioativas seladas.

Este desconhecimento pode colocar problemas no que respeita à segurança associada à manipulação de fontes seladas e à adequada intervenção em caso de acidente ou incidente com as mesmas, pelo que esta tese também pretende abordar os mecanismos existentes no país no que respeita à intervenção.

Palavras-chave: Fonte radioativa selada, Radiações, Radioatividade, Gestão de Resíduos Radioativos e Radionuclidos.

ABSTRACT

Radiation sources are used around the world in applications in industry, medicine, research, agriculture and education.

A sealed radioactive source consists of radioactive material in a non-negligible form in the environment, either by inclusion in a sealed enclosure or by electrochemical deposition on a metallic support.

Sealed radioactive sources are used in many industrial applications, including non-destructive testing (sterilization) and sterilization of products (food and medical equipment). They are also used in process control and equipment calibration. Sealed radioactive sources are considered as radioactive waste when, for example, the initial activity has fallen to a value that renders them useless for the purpose originally intended.

In Portugal, the use of a sealed source requires authorization from the Direção Geral de Saúde.

In the development of this dissertation, the company SOMINCOR was visited, with the objective of studying the application of the sealed radioactive sources and understanding their management as radioactive waste.

At SOMINCOR, sealed sources are found in densimeters and process analyzers.

Sealed radioactive sources, in Portugal, are still a subject a little tackled.

Sealed radioactive sources in Portugal are still a subject rarely addressed. In this way, many intervening entities, namely institutions and companies, are unaware of the existence of sealed radioactive sources.

This misunderstanding may pose problems with respect to the safety associated with the handling of sealed sources and appropriate intervention in case of an accident or incident with them, so this thesis also intends to address the existing mechanisms in the country regarding the intervention.

SIGLAS E ACRÓNIMOS

AIEA – Agência Internacional de Energia Atómica

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil

ATI – Autoridade Técnica de Intervenção

CEE/EA – Comunidade Europeia da Energia Atómica

COMRSIN – Comissão Reguladora para a Segurança das Instalações Nucleares

CTN – Campus Tecnológico Nuclear

DGS – Direção Geral da Saúde

DON – Diretiva Operacional Nacional

FR – Fonte radioativa

FRA – Fonte radioativa aberta (open source)

FRFU – Fonte radioativa fora de uso (disused source)

FRG – Fonte radioativa gasta (SSR, spent sealed sources)

FRO – Fonte radioativa órfã (orphan source)

FRS – Fonte radioativa selada

ISO - International Standard Organization

IST – Instituto Superior Técnico

NORM – Naturally occurring radioactive material

Rn – Radão

NRBQ – Nuclear, Radiológicos, Biológicos e Químicos

TIG - Tungsten Inert Gas

ÍNDICE GERAL

RESUMO	I
ABSTRACT	II
SIGLAS E ACRÓNIMOS	III
ÍNDICE GERAL	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA	1
1.2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO	2
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	2
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES IONIZANTES	4
2.1.1. <i>Origem dos radionuclídeos</i>	7
2.2. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	9
2.2.1. <i>Conceitos de práticas, limite, nível e intervenção. Os Limites de dose.</i>	10
2.2.2. <i>Efeitos biológicos das radiações ionizantes</i>	11
2.2.3. <i>Conceito de fonte selada. Classificação de fontes e conceito de “fonte órfã”</i>	14
2.2.4. <i>Quantidades perigosas de matérias radioativas (valores D)</i>	18
2.2.5. <i>Categorias das fontes radioativas seladas</i>	18
2.3. LEGISLAÇÃO	20
2.3.1. <i>Licenciamento e aquisição de fontes radioativas seladas</i>	20
2.3.2. <i>Transporte de fontes radioativas seladas</i>	23
2.4. APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DAS FONTES RADIOATIVAS SELADAS	27
2.5. CASO DE ESTUDO: SOMINCOR	30
2.6. INTRODUÇÃO À GESTÃO DE RESÍDUOS RADIOATIVOS	33
2.6.1. <i>Definição de Resíduos Radioativos</i>	33
2.6.2. <i>Princípios da gestão segura de Resíduos Radioativos</i>	34

2.6.2.1. Estratégias para a minimização da produção de resíduos radioativos	37
2.6.2.2. Fases da gestão dos resíduos radioativos	37
2.7. INTERVENÇÃO EM CASO DE ACIDENTE COM FONTES RADIOATIVAS SELADAS	46
2.7.1. <i>Diretiva Operacional Nacional nº3</i>	46
2.7.2. <i>Meios intervenientes em caso de acidente radiológico</i>	48
2.7.3. <i>Alguns acidentes/incidentes envolvendo fontes órfãs e más práticas com fontes seladas</i>	50
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
5. ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Radiação de origem natural, minério de urânio (IST, 2007).....	5
Figura 2 - Radiação de origem artificial, fonte radioativa selada (IST, 2007).....	5
Figura 3 - Fórmula para determinar a atividade (Carlos, 2017).	6
Figura 4 - Curva do decaimento radioativo (Carlos, 2017).....	6
Figura 5 - Reação nuclear em cadeia (Ferreira, 2010).....	8
Figura 6 - Reação de ativação neutrónica (Ferreira, 2010).	8
Figura 7 - Fatores que influenciam a dose de exposição recebida por um indivíduo (Paiva, 2013).	9
Figura 8 - Consequências de uma exposição celular às radiações (Okuno, 2013)...	12
Figura 9 - Efeitos de determinísticos (Valentim, 1998).....	13
Figura 10 - Efeitos estocásticos ou aleatórios (Valentim, 1998).	14
Figura 11 - Fontes radioativas seladas (Eckert & Ziegler, 2017).	17
Figura 12 - Exemplos de geometrias de fontes comerciais (Ferreira, 2010).....	17
Figura 13 - Sinalização indicadora da existência de radiações ionizantes e sinalização associada às fontes radioativas de categorias 1, 2 e 3 (Fernandes, 2017).	19
Figura 14 - Definição de pacote (Ferreira, 2010).	24
Figura 15 - Pacote isento (IST, 2007).	25
Figura 16 - Pacote industrial (IST, 2007).....	25
Figura 17 - Pacote Industrial (IST, 2007).	26

Figura 18 - Pacote Industrial (IST, 2007).	26
Figura 19 - Etiquetas para transporte de matérias radioativas (IST, 2007).....	27
Figura 20 – Gamagrafia (IST, 2007).	28
Figura 21 - Gamadensímetros troxlers (medida de espessuras de solos, estradas) (IST, 2007).....	28
Figura 22 - Aparelho para irradiação de embalagens (IST, 2007).	29
Figura 23 - Detetores de fumos (IST, 2007).	29
Figura 24 - Logótipo empresa SOMINCOR (Somincor, 2017).....	30
Figura 25 - Localização da mina de Neves Corvo (Lundin, 2013).	30
Figura 26 - Densímetro (DT-5501) - Lavaria do Cobre (Somincor, 2017).	31
Figura 27 - Densímetro (DT - 4582) (Somincor, 2017).....	31
Figura 28 - Gestão de resíduos radioativos sólidos (COMRSIN, 2016).	39
Figura 29 - Fluxograma para a gestão de fontes radioativas (COMRSIN, 2016).	43
Figura 30 - Fontes radioativas seladas classificadas como resíduos radioativos (IST, 2007).....	44
Figura 31 - Ciclo de vida das fontes radioativas (Ferreira, 2010).....	45
Figura 32 - Fluxograma para a mobilização de entidades intervenientes, em acidentes radiológicos.....	48
Figura 33 - Máquina de radioterapia, com fonte radioativa selada (IAEA, 2004).	50
Figura 34 - Área do equipamento de radioterapia correspondente à localização da fonte de ^{137}Cs , acidente radiológico de Goiânia (IAEA, 2004).....	51
Figura 35 - Operações de desmantelamento e descontaminação de área afetada pelo acidente com a fonte ^{137}Cs , Goiânia, Brasil (IAEA, 2004).....	51
Figura 36 - Local de armazenagem temporária de resíduos radioativos resultantes das operações de desmantelamento e descontaminação, Goiânia, Brasil (IAEA, 2004).	52
Figura 37 - Resíduos radioativos (aço contaminado) resultantes do incidente na siderurgia ACERINOX, 1998, Espanha (IAEA, 2004).....	53
Figura 38 - Repositório de superfície, para resíduos radioativos, El Cabril, Espanha (IAEA, 2004).	54

ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1 - Períodos de semivida de alguns radionuclídeos.	7
Tabela 2 - Limites para estudantes e aprendizes, para trabalhadores expostos e para a população (I. Paiva, 2013)	11
Tabela 3 - Radiosenbilidade de alguns órgãos e tecidos (E. Okuno, 2013).	12
Tabela 4 - Categorias de fontes radioativas (I. Paiva, 2013).	16
Tabela 5 - Quantidades D para alguns radionuclídeos (R. Ferreira, 2010).	18
Tabela 6 - Categorias das fontes radioativas (R. Ferreira, 2010).	19

1. Introdução

1.1. Enquadramento e justificação do tema

A temática fontes radioativas não é muito abordada no nosso quotidiano mas, na verdade, estas estão presentes em muitas das atividades diárias.

As fontes radioativas são usadas numa grande variedade de aplicações na indústria, agricultura, medicina, exploração mineira, ensino e investigação.

As fontes radioativas seladas devem estar sob adequado controlo institucional mas, na verdade, algumas fontes acabam por se perderem de mesmo controlo ou são abandonadas designando-se por fontes órfãs.

Não sendo controladas, as fontes órfãs podem ser origem de acidentes/incidentes radiológicos e, no extremo, podem ser desviadas para uso em atividades ilegais como o terrorismo (“bombas sujas”). Quando se perde uma fonte radioativa, seja por acidente seja por desvio para uso malévolo e intencional da substância radioativa é necessário ter noção da gravidade das causas e consequências originadas devido à exposição há radiação.

De modo a manter um maior controlo das fontes radioativas seladas, é necessário que haja uma gestão adequada das mesmas.

No caso da Mina Neves Corvo, a gestão de fontes seladas segue os procedimentos técnicos de segurança de acordo com as normas internacionais da Agência Internacional de Engenharia Atómica (AIEA) e de acordo com a legislação nacional, existindo um plano de proteção radiológica e um responsável pelo mesmo. As fontes existentes estão licenciadas, identificada a sua localização no processo industrial e controladas até à sua gestão como resíduo radioativo, de acordo com a AIEA (Anexo I), Decreto-Lei nº 38/2007 de 19 de fevereiro e o Decreto-Lei nº 9/90 de 19 de abril.

1.2. Objetivo da dissertação

1.2.1. Objetivo geral

A presente dissertação teve como objetivo geral estudar a gestão das fontes radioativas seladas na indústria, desde a sua aquisição até à classificação como resíduo radioativo.

1.2.2. Objetivos específicos

De modo a cumprir o objetivo geral, os objetivos específicos a ter em conta, são:

- gestão de fontes seladas;
- gestão de fontes classificadas como resíduo radioativo;
- gestão de fontes radioativas seladas numa empresa de estudo;
- gestão de fontes radioativas e resíduos radioativos no geral;
- conhecer as entidades intervenientes em caso de acidente.

1.3. Estrutura da dissertação

De modo a cumprir todos os objetivos elaborou-se a presente dissertação que é constituída por 4 capítulos e anexos.

No primeiro capítulo faz-se uma introdução ao tema em estudo e definem-se os objetivos a alcançar.

No segundo capítulo, faz-se uma breve descrição sobre radioatividade e radiações ionizantes, princípios fundamentais da proteção radiológica. Fontes radioativas seladas é o ponto em maior destaque. É referida a legislação e a aplicações industriais das fontes radioativas seladas.

Neste capítulo é feita a descrição da visita à empresa em estudo - SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo S.A..

No segundo capítulo faz-se referência à gestão de resíduos radioativos e à intervenção em caso de acidente com fontes seladas.

O terceiro capítulo pretende apresentar as conclusões e limitações do presente estudo.

Finalmente, no quarto capítulo serão apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, e de seguida, os anexos com informações que complementam os capítulos anteriores.

2. Revisão da literatura

2.1. Radioatividade e radiações ionizantes

Na natureza existem núcleos atômicos que são estáveis, isto é, possuem um número de prótons e de nêutrons em equilíbrio e outros que são instáveis, têm excesso de energia, sofrem transformações e emitem radiação, ou seja, desintegram-se dando origem a novos núcleos, os radioisótopos.

Tudo o que nos rodeia é radioativo e até o nosso corpo tem radioatividade porque a radioatividade é parte integrante do nosso planeta.

Os núcleos atômicos são constituídos por prótons e nêutrons e à sua volta gravitam os elétrons.

A radioatividade pode ser definida como o processo pelo qual os átomos instáveis tendem para a estabilidade, emitindo energia sob forma de radiação. Esta radiação pode ser uma partícula α (núcleo de hélio), uma partícula β (elétrão) ou radiação γ (radiação eletromagnética).

As radiações ionizantes classificam-se em:

- *Radiação α* : é um núcleo de Hélio, carga positiva, com energia elevada (3 – 7 MeV), grande poder de ionização (diretamente ionizante) que percorre alguns cm no ar;

- *Radiação β* : é constituída por elétrons emitidos do núcleo, energias distribuídas por um espectro característico de cada radionuclido (keV – MeV), tem menor poder de ionização e a distância percorrida aumenta com a energia (diretamente ionizante);

- *Radiação X, γ* : são idênticas, X é produzida no cortejo eletrónico e γ no núcleo dos átomos e têm grande poder de penetração. A energia é transportada pelo fóton que tem massa nula (indiretamente ionizante);

- *Nêutrons n*: tem carga elétrica neutra, grande poder de penetração, energias variáveis (térmicos, rápidos) (indiretamente ionizante).

As radiações ionizantes podem ter origem natural ou artificial. A radiação natural é a que existe na natureza e varia com a latitude, a altitude e com o tipo de solo, Figura 1, (um solo granítico é naturalmente mais radioativo que um argiloso ou calcário). A radiação artificial é, como o próprio nome indica, de origem antropogénica, isto é, foi criada pelo homem (P. Carlos, 2017).



FIGURA 1 - RADIAÇÃO DE ORIGEM NATURAL, MINÉRIO DE URÂNIO (IST, 2007).

Na Figura 2, mostra-se um exemplo de equipamentos produtores de radiação ionizante de origem artificial (fotos ITN/IST). Neste caso trata-se de um caudalímetro, tem a funcionalidade de medir o caudal do fluxo que passa pela tubagem, que está, neste exemplo na vertical. É utilizado no sector industrial e tem uma elevada precisão.



FIGURA 2 - RADIAÇÃO DE ORIGEM ARTIFICIAL, FONTE RADIOATIVA SELADA (IST, 2007).

Associado à radioatividade existe o conceito de decaimento radioativo que é traduzido pelo período de semi-desintegração ou período de semi-vida ($T_{1/2}$) (Figura 3), o qual representa o intervalo de tempo necessário para que a atividade de um determinado

elemento radioativo se reduza a metade ou, o período de tempo necessário para que o número de átomos presentes numa amostra se reduza para metade (Carlos, 2017).

A atividade, determinada pela curva de decaimento, visualizada na Figura 4 (a massa (mg) está em função do tempo (anos)), é dada pela equação da Figura 3:

$$A = A_0 e^{-0,693 \frac{t}{T_{1/2}}}$$

FIGURA 3 - FÓRMULA PARA DETERMINAR A ATIVIDADE (CARLOS, 2017).

sendo:

A_0 : atividade inicial

$T_{1/2}$: período de semidesintegração

A : atividade no final do tempo t

O período de semivida é característico de cada radionuclido, isto é, cada radionuclido tem o seu próprio tempo de decaimento.

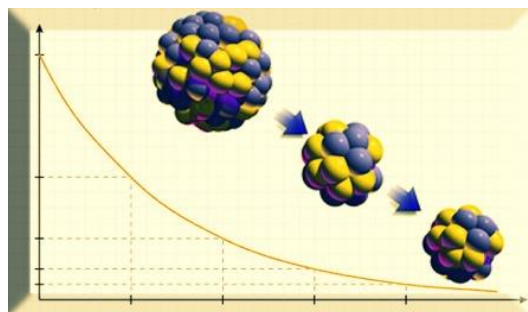


FIGURA 4 - CURVA DO DECAIMENTO RADIOATIVO (CARLOS, 2017).

Na Tabela 1, mostram-se os períodos de semidesintegração de alguns radionuclídeos de origem natural e artificial, com aplicação na medicina e na indústria.

TABELA 1 - PERÍODOS DE SEMIVIDA DE ALGUNS RADIONUCLÍDOS (CARLOS, 2017).

Radionuclido	Período de semivida ($T_{1/2}$)
^{99m}Tc (Tecnécio)	6,0 horas
^{131}I (Iodo)	8,02 dias
^{192}Ir (Iridio)	73,8 dias
^{75}Se (Selénio)	119,6 dias
^{60}Co (Cobalto)	5,3 anos
^{137}Cs (Césio)	30,2 anos
^{226}Ra (Rádio)	1600 anos
^{14}C (Carbono)	5730 anos
^{238}U (Urânio)	$4,5 \times 10^9$ anos

A quantidade de matéria radioativa existente numa amostra mede-se, no Sistema Internacional (SI), em Becquerel (Bq), sendo 1Becquerel igual a 1.

2.1.1. Origem dos radionuclídeos

Existem muitos radionuclídeos/fontes radioativas que têm origem natural, isto é, são naturalmente radioativos, como são, entre outros, o ^{40}K , o ^{226}Ra . São os chamados NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) (AIEA, 2008).

No entanto, os radionuclídeos utilizados nas aplicações industriais das radiações ionizantes (ex: radiografia/gamagrafia industrial) na forma de fontes radioativas seladas (FRS) são de origem antropogénica, isto é, têm origem artificial.

Estes radionuclídeos podem ser produzidos, em reatores nucleares ou em ciclotrões, por:

- Cisão nuclear
- Ativação neutrónica

Na cisão nuclear há a separação de radionuclídeos que são formados nos elementos de combustível ^{235}U , durante a reação nuclear em cadeia, Figura 5. Estão neste caso o ^{85}Kr , ^{90}Sr e o ^{137}Cs , entre outros (Ferreira, 2010).

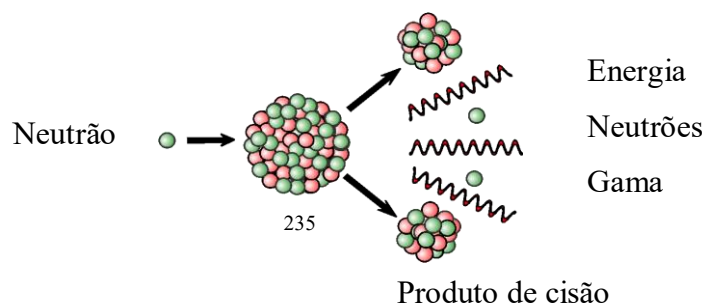


FIGURA 5 - REAÇÃO NUCLEAR EM CADEIA (FERREIRA, 2010).

Na ativação neutrônica, como mostra a Figura 6, os elementos estáveis são colocados próximo do núcleo do reator. Aqueles nuclídeos são bombardeados com neutrões que são absorvidos e o número de massa é alterado. O nuclídeo resultante é radioativo porque fica com excesso de neutrões.

Estão neste caso o ^{60}Co , ^{192}Ir , ^{204}Tl por ativação do ^{59}Co , do ^{191}Ir e do ^{203}Tl respectivamente.

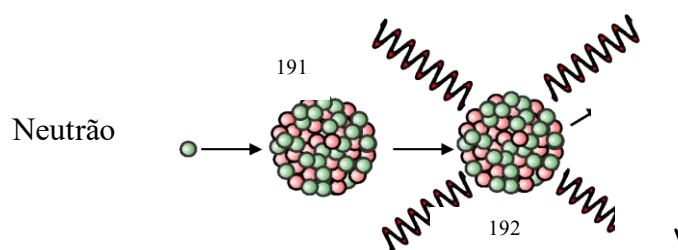


FIGURA 6 - REAÇÃO DE ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA (FERREIRA, 2010).

2.2. Princípios fundamentais da proteção radiológica

Por **Irradiação** entende-se toda a exposição de indivíduos às radiações ionizantes. Se a fonte radioativa ou de radiação se encontra no exterior/interior do organismo dá origem a uma irradiação externa/interna (exposição externa/interna).

Esta exposição termina quando a fonte é retirada ou o indivíduo é afastado.

A diminuição da exposição às radiações e, conseqüentemente, da dose absorvida pelo(s) indivíduo(s) pode conseguir-se à custa de (Figura 7) (Paiva, 2013):

- diminuição do tempo de exposição,
- aumento da distância à fonte radioativa,
- interposição de barreiras de proteção entre o(s) indivíduo(s) e a fonte.



FIGURA 7 - FATORES QUE INFLUENCIAM A DOSE DE EXPOSIÇÃO RECEBIDA POR UM INDIVÍDUO (PAIVA, 2013).

A dose recebida é proporcional ao tempo de exposição, o que significa que quanto maior/menor for o tempo de exposição à radiação, maior/menor é dose de radiação recebida pelo indivíduo que esteve exposto.

No que se refere à distância (d) entre a fonte de radiação e o indivíduo exposto, a dose absorvida (D) varia na razão inversa de d^2 , isto é, $1/d^2$. O aumento da distância em relação à fonte radioativa é outra das medidas importantes na redução da dose absorvida

Relativamente às barreiras atenuadoras das radiações, a sua espessura vai depender, além do tipo de radiação, do material utilizado, essencialmente da densidade desse material. Esta é uma das razões porque se utiliza o urânio empobrecido no fabrico de embalagens para transporte e utilização de fontes seladas de aplicação industrial. Outro material habitualmente utilizado no fabrico de barreiras é o chumbo, pois além de ser bastante denso é de fácil manuseamento (Soares, Pereira e Flôr, 2011)

Os princípios fundamentais da Proteção Radiológica são:

- Princípio da JUSTIFICAÇÃO (de uma prática): nenhuma prática, envolvendo exposição às radiações, deve ser adotada se dessa prática não resultar um claro benefício para o homem ou para a sociedade

- Princípio da LIMITAÇÃO (doses, riscos): a exposição de indivíduos deve estar sujeita aos limites de dose ou ao controlo do risco (as doses recebidas não devem ultrapassar os limites recomendados)

- Princípio da OPTIMIZAÇÃO ou ALARA: todas as exposições às radiações e o número de indivíduos expostos devem ser mantidos a um nível tão baixo quanto razoavelmente possível (As Low As Reasonably Achievable), tendo em atenção os diversos fatores de natureza económica e social.

2.2.1. Conceitos de práticas, limite, nível e intervenção. Os Limites de dose.

Por **Limite** entende-se um valor de uma grandeza que não deve ser ultrapassado e um **Nível** é um valor da grandeza que determina o desencadear de uma sequência de medidas.

Os Limites de Dose só devem ser aplicados para controlo de **Práticas** e não são relevantes para controlo de exposições potenciais nem para uma **Intervenção**.

Os limites de dose não se aplicam a exposições médicas, no entanto devem ser tomadas medidas de proteção contra radiações para impedir doses desnecessariamente elevadas neste tipo de exposição, como se pode verificar na Tabela 2.

As mulheres que manipulem fontes radioativas (fontes abertas ou seladas) no âmbito das suas funções profissionais, devem notificar a entidade empregadora, caso estejam grávidas ou em amamentação, pois estão sujeitas a restrições laborais e proteção especial, decreto-lei nº 9 / 1990 de 19 de abril.

TABELA 2 - LIMITES PARA ESTUDANTES E APRENDIZES, PARA TRABALHADORES EXPOSTOS E PARA A POPULAÇÃO (Decreto-lei nº 222, 2008)

Limites para os estudantes e aprendizes* (mSv.ano ⁻¹)		Obs:	Limites para os trabalhadores expostos (mSv.ano ⁻¹)		Obs:	Limites para a população (mSv.ano ⁻¹)		Obs:
Dose efectiva 6		Por ano	Dose efectiva 20		50 <u>mSv</u> num ano só com autorização 100 <u>mSv</u> em 5 anos, e dose média anual menor que 50mSv	Dose efectiva 1		Por ano em circunstâncias especiais pode ultrapassar-se 1mSv num ano, mas a média em 5 anos consecutivos deve manter-se em 1 <u>mSv</u>
Dose equivalente			Dose equivalente			Dose equivalente		
cristalino	15 150	cristalino	20 500	Cristalino		15 50		
mãos, pés pele (1cm ²)		mãos, pés pele (1cm ²)				pele (1cm ²)		

2.2.2. Efeitos biológicos das radiações ionizantes

O corpo humano é constituído por milhões de células que se agrupam para formar órgãos e tecidos e que, no seu conjunto, desempenham funções muito variadas.

As radiações ionizantes, ao atravessarem a matéria, interagem com os átomos que a constituem, libertando eletrões e cedendo energia.

O efeito desta interação com os tecidos biológicos pode ser *direto*, isto é, a energia é directamente transferida para a(s) molécula(s) em questão (proteínas, DNA, RNA) ou *indireto* e, neste caso a interação tem lugar através das moléculas de água que constituem cerca de 70% do peso do corpo.

Diz-se que há uma *exposição aguda* quando doses elevadas são recebidas num curto intervalo de tempo e *exposição crónica*, se doses baixas são recebidas durante um longo período de tempo.

A *radiossensibilidade*, *RS*, (probabilidade de uma célula, tecido ou órgão sofrer um efeito por unidade de dose) dos diversos órgãos e tecidos não é naturalmente a mesma, como mostra a Tabela 3. Todos os órgãos ou tecidos têm radiossensibilidades diferentes. A radiossensibilidade é igualmente afetada por fatores físicos (transferência linear de energia, e taxas de dose), químicos (drogas citotóxicas) e biológicos (ciclos celulares) (Okuno, 2013).

TABELA 3 - RADIOSENSIBILIDADE DE ALGUNS ÓRGÃOS E TECIDOS (Okuno, 2013) .

RS elevada	RS média	RS baixa
Medula óssea	Pele	Músculos
Baço	Fígado	Ossos
Gânglios linfáticos	Coração	Sistema nervoso
Lente ocular	Pulmões	

A existência de fontes de radiação ionizante, sejam elas de origem natural ou artificial, pode originar uma exposição a essas mesmas radiações e, assim, provocar o aparecimento dos efeitos biológicos da radiação.

Os efeitos biológicos das radiações dependem muito dos tempos de exposição, das doses recebidas, do tipo de radiação (fatores de ponderação da radiação), do órgão ou tecido irradiado (fatores de ponderação tecidual), etc.

Como consequência da exposição celular às radiações ionizantes pode acontecer o que se mostra na Figura 8.



FIGURA 8 - CONSEQUÊNCIAS DE UMA EXPOSIÇÃO CELULAR ÀS RADIAÇÕES (OKUNO, 2013).

Quando os danos são reparados, a célula é viável e continua. Com a morte celular (apoptose ou necrose), a célula obviamente torna-se inviável. Por vezes, pode ser reparada mas sofre transformações as quais podem originar mutações que podem, ou não, originar o aparecimento de cancro.

Os efeitos biológicos podem ser *efeitos somáticos*, isto é, manifestam-se apenas nos indivíduos que estiveram expostos à radiação ou *efeitos hereditários*, que são aqueles que se podem manifestar nos descendentes dos indivíduos irradiados.

Os efeitos somáticos são ainda classificados em *efeitos determinísticos* e *efeitos estocásticos*.

Os efeitos determinísticos como mostra a Figura 9, são caracterizados pela existência de um limiar de dose (para valores de dose inferiores a um determinado valor o efeito não é observável) e a sua severidade aumenta com o valor de dose recebida. Assim, este tipo de efeitos pode ser evitado (Valentim, 1998).

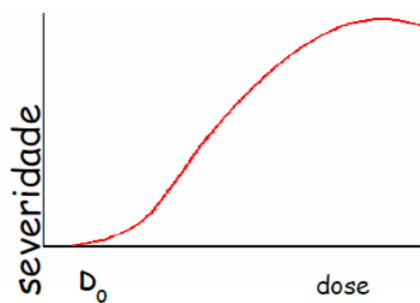


FIGURA 9 - EFEITOS DE DETERMINÍSTICOS (VALENTIM, 1998).

No caso dos efeitos estocásticos ou aleatórios, não existe limiar de dose, o que significa que não podem ser completamente evitados, como mostra a Figura 10. A probabilidade do seu aparecimento aumenta com a dose. A severidade é independente da dose e o seu aparecimento é, habitualmente, tardio.

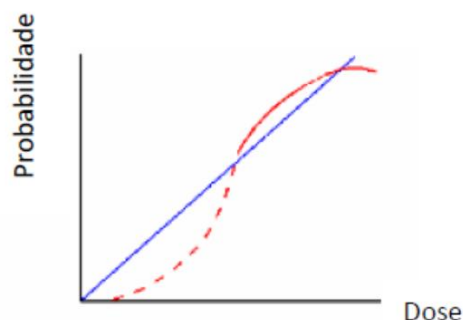


FIGURA 10 - EFEITOS ESTOCÁSTICOS OU ALEATÓRIOS (VALENTIM, 1998).

2.2.3. Conceito de fonte selada. Classificação de fontes e conceito de “fonte órfã”

Uma fonte de radiações que contém material radioativo para efeitos de utilização da sua radioatividade diz-se que é uma fonte radioativa.

As fontes radioativas podem ser abertas ou seladas. A fonte selada (FS) tem uma estrutura que impede, em circunstâncias normais de utilização, qualquer dispersão de substâncias radioativas no ambiente uma vez que estas são encapsuladas ou seladas (sealed sources).

As fontes radioativas que não são seladas dizem-se fontes radioativas abertas ou fontes abertas (open sources).

Quando uma FS já não se destina a ser utilizada para a prática para a qual foi concedida a autorização mas que continua a exigir uma gestão segura, diz-se que é uma fonte fora de uso (disused source). Podem ser tratadas como resíduo radioativo para eliminação, se não houver devolução ao produtor, conforme o Decreto-lei nº 38/2007 de 19 de fevereiro.

As FS que deixam de ter a atividade necessária aos objetivos inicialmente previstos na prática, dizem-se fontes gastas (spent sealed sources, SSR) (Decreto-lei nº 38, 2007)

A uma fonte radioativa (selada ou aberta) que deixou de estar sob controlo do regulador, por razões várias (ex.: abandono, perda, transferência ou roubo), sem que as autoridades competentes tenham sido devidamente notificadas para o efeito, chama-se fonte órfã (orphan source) (Decreto-lei nº 38, 2007).

A ocorrência de fontes órfãs, fundamentalmente no caso das fontes seladas, resulta de más práticas de gestão das fontes pelos seus detentores, seja como fonte radioativa em

uso, seja como resíduo radioativo e é, de certo modo, indicativo de fraquezas não apenas ao nível da gestão pelo detentor como também no sistema regulador nacional.

A perda de controlo de uma fonte selada pode, em último caso, originar acidentes/incidentes radiológicos com consequências nefastas para o homem, o ambiente e a economia nacional e transfronteiriça (Paiva, 2013).

A existência de fontes órfãs num sistema ineficiente de proteção radiológica e gestão de resíduos radioativos (não regulado) pode constituir, em último caso, um elevado risco para a Sociedade, incluindo uma oportunidade para usos ilegais, podendo espalhar terror e morte (bombas-sujas ou dirty-bombs) numa tentativa de desestabilizar a ordem nos Estados. Até à data, ainda não foram documentados atos reais de terrorismo com bombas sujas. Contudo, têm sido documentados vários acidentes/incidentes radiológicos resultantes de más práticas de gestão de fontes.

A Agência Internacional de Energia Atómica (AIEA) elaborou uma categorização das fontes radioativas que fornece uma hierarquia das mesmas em termos de risco radiológico, isto é, do seu potencial de causar danos imediatos na saúde ou mesmo a morte, caso a fonte se torne vulnerável ou órfã (IAEA, 2004).

As fontes radioativas são classificadas em 5 categorias, sendo a Categoria 1 a das fontes potencialmente mais perigosas e a Categoria 5 a das fontes menos perigosas, referido na Tabela 4. As fontes radioativas da Categoria 1 são consideradas extremamente perigosas se não forem usadas e armazenadas corretamente. Normalmente estão protegidas no interior de pesados contentores - de urânio empobrecido ou chumbo - para absorver as radiações. Se a fonte for removida do contentor causará a morte ou lesões permanentes numa pessoa que esteja na sua proximidade durante alguns minutos. Se a substância radioativa de uma fonte de Categoria 1 for dispersada no ambiente poderá causar lesões permanentes ou ameaçar a vida de centenas de pessoas nas proximidades, assim como provocar a contaminação do ambiente (Paiva, 2013).

TABELA 4 - CATEGORIAS DE FONTES RADIOATIVAS (Paiva, 2013) .

Fonte	Radionuclidos	Aplicações	Atividades (TBq) (1TBq=1000 GBq=10¹² Bq)
Tipo 1: Irradiadores Teleterapia	⁶⁰ Co ¹³⁷ Cs	Esterilização Terapia do cancro	15000 2,0
Tipo 2: Radiografia industrial Braquiterapia (TLA)	⁶⁰ Co, ⁷⁵ Se ¹⁹² Ir	Controlo de soldaduras Terapia do cancro	2,2 3,0; 3,7
Tipo 3: Medidores industriais de nível Medidores de poços (well logging)	⁶⁰ Co ²⁴¹ Am-Be	Controlo de processos (densidade, volume, etc.) Prospecção (gás, carvão, petróleo)	0,10 0,74
Tipo 4: Braquiterapia (TLB) Controlo de espessura	⁹⁰ Sr ⁹⁰ Sr	Terapia do cancro Indústrias (metal, papel, plástico)	0,0009 0,037
Tipo 5: Controlo de enchimento Ionizadores	¹³⁷ Cs ²⁴¹ Am	Processos industriais em linha Detetores de incêndio	0,002 0,000045



FIGURA 11 - FONTES RADIOATIVAS SELADAS (ECKERT & ZIEGLER, 2017).

Na Figura 12, apresentam-se alguns esquemas de modelos de fontes seladas, com encapsulamento (único ou duplo) ou de fixação dos radioisótopos num substrato, através de deposição eletroquímica. Os tons em destaque indicam o material radioativo.

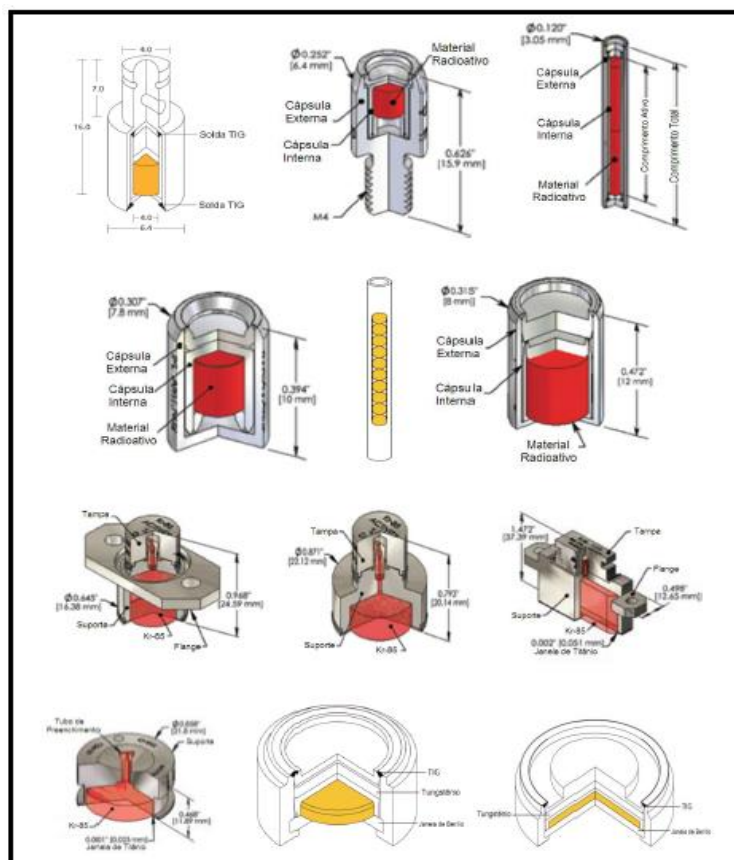


FIGURA 12 - EXEMPLOS DE GEOMETRIAS DE FONTES COMERCIAIS (FERREIRA, 2010).

2.2.4. Quantidades perigosas de matérias radioativas (valores D)

Relativamente às quantidades de matérias radioativas contidas numa fonte selada que a tornam uma fonte potencialmente perigosa (D), a AIEA define D_1 e D_2 como sendo:

D_1 : valor da atividade de um radionuclido numa fonte selada que pode originar uma emergência expectável de vir a causar efeitos determinísticos severos na saúde.

e

D_2 : valor da atividade de um radionuclido numa fonte aberta que pode originar uma emergência expectável de vir a causar efeitos determinísticos severos na saúde.

Assim, a quantidade D será o menor dos valores de D_1 e D_2 . Na Tabela 5 apresentam-se alguns exemplos dos valores D, de vários radionuclidos usados na indústria e na medicina (Ferreira, 2010).

TABELA 5 - QUANTIDADES D PARA ALGUNS RADIONUCLIDOS (Ferreira, 2010).

Radionuclido	Valor D	Valor D_1	Valor D_2
	(TBq)	(TBq)	(TBq)
^{60}Co	3×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^1
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	7×10^{-1}	7×10^{-1}	7×10^2
^{131}I	2×10^{-1}	2×10^{-1}	2×10^{-1}
^{137}Cs	1×10^{-1}	1×10^{-1}	2×10^1
^{192}Ir	8×10^{-2}	8×10^{-2}	2×10^1
^{226}Ra	4×10^{-2}	4×10^{-2}	7×10^{-2}

2.2.5. Categorias das fontes radioativas seladas

O agrupamento das fontes radioativas por categorias baseia-se no conceito de “fontes perigosas” cujas atividades estão quantificados em termos de “Quantidade D”.

Os valores D são utilizados para normalizar, numa escala, as atividades das fontes radioativas de modo a que se possam comparar os riscos associados. É a razão A/D que classifica a fonte radioativa, sendo A, a atividade da fonte no momento da classificação.

Assim, facilmente se encontram fontes radioativas seladas do mesmo radionuclido em várias categorias. A Tabela 6 apresenta as diferentes categorias das fontes radioativas seladas (Ferreira, 2010).

TABELA 6 - CATEGORIAS DAS FONTES RADIOATIVAS (Ferreira, 2010).

Categoria	A/D	Exemplos
1	$A/D \geq 1000$	Geradores termoelétricos (RTG) Irradiadores Teleterapia Teleterapia multi feixe (gamma knife)
2	$1000 > A/D \geq 10$	Radiografia industrial Braquiterapia de médio e alto débito dose
3	$10 > A/D \geq 1$	Indicadores de nível Medidores de espessuras
4	$1 > A/D \geq 0,01$	Braquiterapia de baixo débito de dose (excepto placas de olhos e implantes permanentes) Densitometria óssea Eliminadores estáticos
5	$0,01 > A/D$ e $A > \text{isento}$	Braquiterapia de baixo débito de dose (placas de olhos, implantes permanentes) Espectrometria de Mossbauer Fontes de calibração

Uma fonte radioativa selada cuja atividade é igual ou superior ao valor aplicável estabelecido no Anexo III, da Diretiva 2013/59/Euratom do Conselho, é uma fonte selada de atividade elevada (Anexos II e III).

Com as fontes radioativas das categorias 1, 2 e 3, além da sinalização habitual indicadora da existência de radiações ionizantes, pode usar-se também o símbolo na Figura 13.



FIGURA 13 - SINALIZAÇÃO INDICADORA DA EXISTÊNCIA DE RADIAÇÕES IONIZANTES E SINALIZAÇÃO ASSOCIADA ÀS FONTES RADIOATIVAS DE CATEGORIAS 1, 2 E 3 (FERNANDES, 2017).

2.3. Legislação

Legislação base relacionada com fontes seladas e gestão de resíduos radioativos:

- Decreto-Lei n.º 38/2007 de 19 de fevereiro, estabelece o regime jurídico da prevenção da exposição dos trabalhadores e do público a radiações ionizantes resultantes de um controlo inadequado das fontes radioativas seladas e transpõe a Diretiva n.º 2003/122/EURATOM (Anexo IV), do Conselho, de 22 de dezembro (Diretiva n.º 122/EURATOM, 2003).

- Decreto-Lei n.º 29/2012 de 9 de fevereiro, do IST, autoriza a detenção, transferência, transporte e introdução em território nacional de fontes seladas (Decreto-lei n.º 29, 2012) (IST, 2007).

- Decreto-Lei n.º 156/2013 de 5 de novembro, do Ministério da Educação e Ciência (Decreto-Lei n.º 156/2013, 2013), estabelece o quadro legal e regulador para a gestão responsável e segura do combustível irradiado e dos resíduos radioativos e transpõe para a ordem jurídica interna as disposições da: Diretiva n.º 2011/70/EURATOM e; do Conselho, de 19 de julho de 2011 (Anexo V) (Diretiva n.º 70/EURATOM, 2011).

- Diretiva 70/2011/EURATOM, adotada pelo Conselho Europeu a 19 de junho, que estabelece um quadro comunitário para a gestão responsável e segura do combustível irradiado e dos resíduos radioativos;

- Convenção Conjunta sobre a Segurança da Gestão do Combustível Irradiado e a Segurança da Gestão dos Resíduos Radioativos, adotada pela Conferência Geral da Agência Internacional de Energia Atómica, em Viena, em 5 de setembro de 1997, a que o Estado Português aderiu através do Decreto n.º 12/2009, de 21 de abril.

2.3.1. Licenciamento e aquisição de fontes radioativas seladas

Em Portugal, a utilização de uma fonte selada carece de autorização da Direcção-Geral da Saúde, desde que a sua atividade seja superior aos valores fixados no Quadro A, do Anexo I, da Diretiva 96/29/Euratom do Conselho, de 13 de maio de 1996, transposta para o ordenamento jurídico nacional através do Decreto - Lei n.º 140/2005 de 17 de Agosto.

Assim, para a obtenção dessa autorização é necessária a seguinte documentação (Anexo VI).

A enviar para a Direção Geral da Saúde:

- Formulário correspondente (1 por cada equipamento);
- Lista dos trabalhadores expostos;
- Planta de localização;
- Programa de Proteção Radiológica (PPR);
- Pagamento de taxas de acordo com a Portaria 596/2009.

A Direção Geral da Saúde após analisar o processo emite uma Licença de Funcionamento.

A importação, exportação, transferência e transporte de fontes seladas é uma atividade licenciada pelo IST.

Para o efeito, são necessários reunir os seguintes documentos base:

- Licença de Funcionamento emitida pela Direção Geral da Saúde;
- Preenchimento do Anexo II do Decreto-Lei nº 38/2007 de 19 de fevereiro;
- Preenchimento do documento normalizado do Regulamento 1493/do Conselho*;
- Depósito bancário (5% ou 10% do valor da fonte ou do equipamento D.L. nº38/2007)** ;
- Seguro de responsabilidade civil (atividade cumulada > 1GBq)***);
- Declaração anual do inventário das fontes;
- Pagamento de licenças de acordo com Despacho 12135/2015, IST., 28 de outubro de 2015.

Depois de analisar o processo, o IST emite Licença de Introdução em Território Nacional, Licença de Detenção e Licença de Transporte (esta, se necessário).

**Documento original, assinado e carimbado no ponto 5.*

***A caução reverte a favor da eliminação da FRS fora de uso, como resíduo radioativo.*

****Os organismos públicos estão isentos.*

*****Permite o transporte entre o local de entrada em território nacional e o local de utilização.*

A transferência de substâncias radioativas entre Estados- Membros, na União Europeia, está sujeita ao Regulamento (Euratom) nº 1493/93 do Conselho, de 8 de junho de 1993 (Anexo VII).

As FS, estão igualmente sob a alçada deste regulamento. O documento a utilizar ao abrigo deste regulamento apresenta-se em (Anexo VIII).

Na transferência de fontes seladas entre estados que não pertencem à União europeia utiliza-se o Código de Conduta da AIEA, *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources* (IAEA, 2004).

O Código de Conduta sobre a proteção e a segurança das fontes radioativas seladas foi aprovado pelo Conselho dos Governadores da AIEA em 2003 e serve de guia aos estados para elaboração e harmonização de políticas, leis e regulamentos sobre a proteção e a segurança das fontes radioativas seladas e visa essencialmente as fontes radioativas das Categorias 1, 2 e 3. O Código de Conduta aplica-se a todas as fontes radioativas que podem representar um risco significativo para as pessoas, para a sociedade e para o ambiente e não se aplica às matérias nucleares, definidas na Convenção sobre a Proteção Física de Materiais Nucleares, com exceção das que contêm ²³⁹Pu, nem às fontes radioativas que fazem parte de programas militares de defesa.

O Código diz que cada estado deve estabelecer um registo nacional das fontes radioativas que possui; encorajar a sua reutilização e reciclagem; legislação e regulamentação adequadas.

2.3.2. Transporte de fontes radioativas seladas

As matérias radioativas devem ser manipuladas e transportadas de acordo com os princípios e as regras descritos nos regulamentos nacionais e internacionais de transporte de mercadorias perigosas, seja por estrada, por caminho-de-ferro, por via marítima ou por via aérea.

Na classificação de mercadorias perigosas, as matérias radioativas ocupam a Classe 7.

Assim, tem-se (IMT, 2017):

Classe 1 – Matérias e objetos explosivos

Classe 2 – Gases

Classe 3 – Líquidos inflamáveis

Classe 4.1 – Matérias sólidas inflamáveis, matérias auto reativas e matérias explosivas dessensibilizadas sólidas

Classe 4.2 – Matérias sujeitas a inflamação espontânea

Classe 4.3 – Matérias que em contacto com a água, libertam gases inflamáveis

Classe 5.1 – Matérias comburentes

Classe 5.2 – Peróxidos orgânicos

Classe 6.1 – Matérias tóxicas

Classe 6.2 – Matérias infecciosas

Classe 7 – *Matérias radioativas*

Classe 8 – Matérias corrosivas

Classe 9 – Matérias e objetos perigosos diversos

Os transportes de matérias radioativas estão contemplados nos seguintes documentos internacionais:

- **ADR:** Acordo Europeu Relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada.

- **RID:** Regulamento Relativo ao Transporte Ferroviário Internacional de Mercadorias Perigosas.

- **CÓDIGO IMDG:** Código Marítimo Internacional das Mercadorias Perigosas, da Organização Marítima Internacional (OMI/IMO).

- **INSTRUÇÕES TÉCNICAS DA OACI:** Instruções Técnicas para a Segurança do Transporte Aéreo de Mercadorias Perigosas, da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI/ICAO).

Para efeitos de transporte, uma matéria radioativa diz-se na **Forma especial** se for sólida e não suscetível de se dispersar ou se estiver contida em cápsula selada. Habitualmente diz-se ser uma Fonte Radioativa Selada (FRS) ou Fonte Selada (FS). Caso contrário é uma Fonte Aberta.

Associado aos transportes de matérias radioativas existem os conceitos de **A₁** e **A₂**, sendo:

A₁: a atividade máxima de matéria radioativa sob forma especial autorizada num pacote do tipo A;

A₂: a atividade máxima de matéria radioativa noutra forma que não a forma especial autorizada num pacote do tipo A.

No transporte de matérias radioativas entende-se por **Pacote** a embalagem com o seu conteúdo radioativo tal como se apresenta para o transporte e por **Embalagem**, o conjunto de componentes necessários ao envolvimento total do **conteúdo radioativo**, como mostra a Figura 14 (Paiva, 2013).

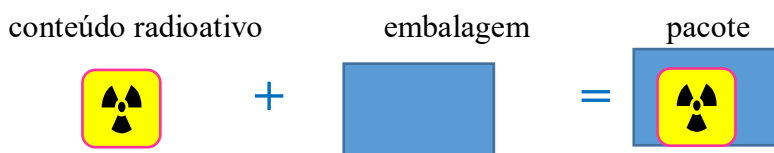


FIGURA 14 - DEFINIÇÃO DE PACOTE (FERREIRA, 2010).

Os pacotes classificam-se em:

Pacote isento

Embalagem que contém quantidades muito pequenas de matérias radioativas, Figura 15, e em que os riscos radiológicos potenciais durante o transporte são muito baixos.

Embora não haja requisitos especiais, deve satisfazer as condições gerais aplicáveis a todas as embalagens e pacotes (ex: radioisótopos para investigação, terapia e diagnóstico médico, e equipamento de medida).



FIGURA 15 - PACOTE ISENTO (IST, 2007).

Pacote industrial

Embalagem que satisfaz as especificações gerais aplicáveis a todas as embalagens e pacotes, Figura 16, e é utilizada para transportar matérias radioativas de baixa atividade específica (ex: concentrados de urânio, água tritiada, compostos de urânio natural e resíduos radioativos de baixa atividade) ou objetos contaminados superficialmente (SCO) (caixas de luvas, telemanipuladores, tubagens, etc.).



FIGURA 16 - PACOTE INDUSTRIAL (IST, 2007).

Pacote do tipo A

Embalagem para transportar em condições de segurança quantidades de matérias radioativas relativamente pequenas, mas significativas, Figura 17. Estão concebidas para resistirem a acidentes menores. São submetidas a testes que simulam as condições normais de transporte (chuva, queda de pequena altura e contratempos ligeiros).

A atividade máxima a transportar é:

A₁: matéria radioativa sob forma especial

A₂: outras matérias radioativas



FIGURA 17 - PACOTE INDUSTRIAL (IST, 2007).

Pacote do tipo B

Embalagem para transportar atividades superiores a A₁ e A₂, de matérias radioativas que apresentem maior risco radiológico quer pela radioatividade quer pela perniciiosidade; são concebidas para resistir a condições acidentais graves sem violação do conteúdo ou aumento dos níveis de radiação, como mostra a Figura 18.

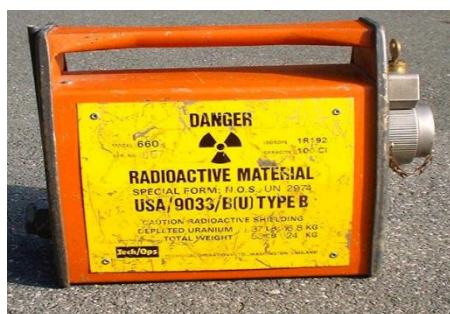


FIGURA 18 - PACOTE INDUSTRIAL (IST, 2007).

A Figura 19, mostra as etiquetas utilizadas no transporte de matérias radioativas.



FIGURA 19 - ETIQUETAS PARA TRANSPORTE DE MATÉRIAS RADIOATIVAS (IST, 2007).

2.4. Aplicações industriais das fontes radioativas seladas

As fontes radioativas seladas são largamente utilizadas na medicina, na indústria, na agricultura e na investigação e ensino. Habitualmente estão instaladas em equipamentos que são concebidos para que as fontes radioativas seladas possam ser movimentadas e utilizadas em condições de proteção e segurança radiológica. As utilizações mais frequentes são as seguintes (Paiva, 2013):

- Indicadores de nível
- Gamadensímetros
- Medidores de espessura (papel, plástico)
- Gamagrafia (soldaduras de tubagens, espessuras de chapas metálicas e peças fundidas, espessuras de betão, controlo de qualidade de textura)
- Radioesterilização
- Pára-raios
- Detetores iónicos de fumos
- Irradiação de Espumas e Polietileno
- Irradiação de Madeiras (MDF) para cura
- Irradiação de Alimentos

- Agricultura (tratamento de doenças)

As Figuras 20, 21, 22 e 23 mostram alguns exemplos de equipamentos com fontes radioativas seladas.



FIGURA 20 – GAMAGRAFIA (IST, 2007).



FIGURA 21 - GAMADENSÍMETROS TROXLERS (MEDIDA DE ESPESURAS DE SOLOS, ESTRADAS) (IST, 2007).



FIGURA 22 - APARELHO PARA IRRADIAÇÃO DE EMBALAGENS (IST, 2007).



FIGURA 23 - DETETORES DE FUMOS (IST, 2007).

2.5. Caso de Estudo: SOMINCOR

Durante esta tese, foi efetuada uma visita à SOMINCOR para estudo do sistema de gestão de fontes seladas durante a operação industrial e como resíduo radioativo.

A SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo S.A., Figura 24, é uma empresa que opera na extração e preparação de minérios metálicos não ferrosos desde 1980 após a descoberta de um depósito de sulfuretos maciços com quantidades significativas de cobre e zinco. Em 2004 a empresa foi vendida à EUROZINC. Posteriormente, em novembro de 2006, passou a integrar o Grupo LUNDIN cuja operação está distribuída mundialmente e abrange a exploração de metais preciosos, metais base, petróleo, urânio, diamantes e a produção de energia solar. Explora a Mina de Neves – Corvo, a maior mina de cobre e zinco da comunidade europeia, e efetuou, em junho de 2013, um novo pedido de concessão de exploração mineira para um outro depósito na mesma zona, denominado Semblana (Somincor, 2015). Este projeto tem a denominação de ZEP – Zinc Expansion Project e iniciou-se nos finais de 2017.



FIGURA 24 - LOGÓTIPO EMPRESA SOMINCOR (SOMINCOR, 2017).

Situa-se no Baixo Alentejo, freguesia de Santa Bárbara de Padrões, concelho de Castro Verde e distrito de Beja, no bordo sul da Faixa Piritosa. Com excelentes infraestruturas encontra-se a 220 km de Lisboa e 102 km de Faro. O jazigo é composto por cinco massas de sulfuretos polimetálicos maciços (Neves, Corvo, Graça, Zambujal e Lombador), que estão inseridos na Faixa Piritosa Ibérica (FPI), como mostra a Figura 25 (Lundin, 2013).

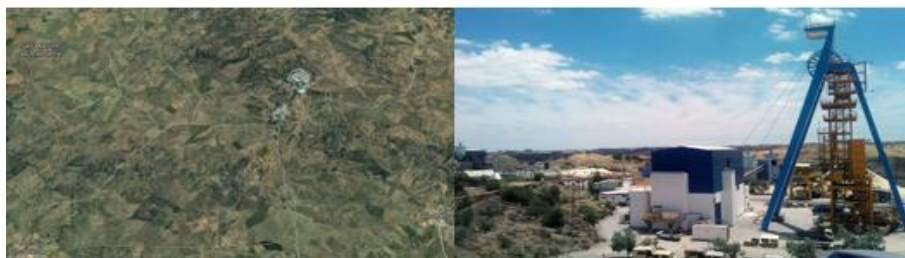


FIGURA 25 - LOCALIZAÇÃO DA MINA DE NEVES CORVO (LUNDIN, 2013).

A SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo S.A., continha, no momento da visita, cerca de 24 fontes radioativas seladas. Essas fontes seladas estão em equipamentos relacionados com densímetros e analisadores de processos. Na central de produção de pasta existem 4 densímetros. Na lavaria do cobre existem 7 densímetros e 4 analisadores de processos e na lavaria do zinco existem 8 densímetros e 1 analisador de processo. Ambos os densímetros têm fontes de ^{137}Cs . Já os analisadores de processos têm fontes ^{238}Pu e ^{241}Am .

As figuras 26 e 27, exemplificam alguns dos equipamentos com fontes radioativas seladas, na empresa SOMINCOR.



FIGURA 26 - DENSÍMETRO (DT-5501) - LAVARIA DO COBRE (SOMINCOR, 2017).



FIGURA 27 - DENSÍMETRO (DT - 4582) (SOMINCOR, 2017).

A SOMINCOR está licenciada para o uso de fontes radioativas, nomeadamente, fontes seladas e tem um Responsável pela Proteção Radiológica que é também o responsável

pelo Plano de Proteção Radiológica da Empresa, pelo plano de emergência em caso de acidente com fontes radioativas e pela gestão das fontes radioativas seladas como resíduo radioativo.

A empresa possui ainda um local adequado, isolado e de acesso restrito para armazenagem temporária de fontes seladas como resíduo radioativo até à sua devolução ao produtor ou recolha pelo IST como resíduo radioativo.

O responsável tem em sua posse uma tabela (Anexo IX), que corresponde a cada zona da mina, com a identificação do instrumento, o tipo de fonte (radioisótopo), a sua atividade, o serviço a que se destina, o seu fornecedor e um código que corresponde ao desenho de localização. Também está em sua posse, uma planta de cada zona da mina, com a localização de todas as fontes que a entidade possui. Essa planta serve como uma planta de emergência, com o objetivo de atuação com maior rapidez e funcionalidade.

Diariamente é feita uma fiscalização às fontes radioativas seladas, medindo a sua atividade para verificação de fugas.

Em caso de suspeita de fuga radioativa, o responsável na empresa deverá isolar o espaço, ligar para as entidades competentes, (112, Bombeiros, INT, Proteção Civil) e seguir as indicações dadas pelas entidades responsáveis.

De todas as intervenções feitas com as fontes radioativas seladas na SOMINCOR são feitos e guardados os respetivos registos.

Na visita efetuada, à SOMINCOR foi possível observar que a gestão de fontes seladas segue os procedimentos técnicos de segurança de acordo com as normas internacionais da Agência Internacional de Engenharia Atômica e a legislação nacional, existindo um plano de proteção radiológica e um responsável pelo mesmo. As fontes existentes estão licenciadas, identificada a sua localização no processo industrial e controladas até à sua gestão como resíduo radioativo.

2.6. Introdução à gestão de Resíduos Radioativos

2.6.1. Definição de Resíduos Radioativos

Os resíduos radioativos decorrem da produção de eletricidade, operações de ciclo de combustíveis nucleares e de atividades várias nas quais fontes radioativas são usadas (saúde, indústria, investigação e ensino). Resíduos radioativos são todos os materiais que contenham ou se encontrem contaminados por radionuclídeos e para os quais não se encontra prevista qualquer utilização (Paiva, 2013).

As propriedades dos resíduos radioativos são igualmente variadas, não só em termos do radioisótopo como da atividade associada, mas também em termos de propriedades químicas. **Os resíduos radioativos, consoante várias das suas características, têm o potencial de apresentar um perigo para as pessoas e ambiente**, devendo, por conseguinte, ser geridos de forma a reduzir os riscos a níveis aceitáveis (Paiva, 2013).

Os resíduos radioativos podem ser gasosos, líquidos e sólidos e classificam-se, em 6 categorias:

- resíduos isentos (EW- Exempted waste) – apesar de conterem matérias radioativas, a atividade presente está abaixo dos níveis de libertação na legislação pelo que o Regulador os pode libertar sem prejuízo para o público e ambiente. Podem ser colocados em aterros ou mesmo reciclados se a Autoridade Reguladora assim o decidir;

- resíduos de vida muito curta (VSLW- Very short- lived waste) – resultam da utilização de radioisótopos em práticas médicas (diagnóstico e terapia). Podem ser armazenados durante alguns, para decaimento, até deixarem de ser radioativos;

- resíduos de muito baixa atividade (VLLW- Very low level waste) – resultam de atividades como o desmantelamento de instalações radiológicas e nucleares. Contêm quantidades muito reduzidas de radionuclídeos de vida longa. A sua armazenagem não exige um elevado nível de isolamento e contenção. Podem ser armazenados em repositórios tipo valas com barreiras de limitação e em simultâneo com resíduos de baixa atividade;

- resíduos de baixa atividade (LLW- Low level waste) – resultam de várias práticas envolvendo o uso de matérias radioativas em laboratórios, indústrias várias e produção de energia elétrica de origem nuclear. Podem incluir desde papéis e cortantes até

ferramentas (indiferenciados) assim como efluentes líquidos previamente solidificados. São armazenados em repositórios à superfície ou perto desta (até uma profundidade de ~ 200 m).

- resíduos de atividade intermédia (ILW- intermediate level waste) – resultam de várias práticas relacionadas com o setor nuclear. Podem ser as resinas usadas para purificar a água de arrefecimento do reator ou lamas químicas, revestimento metálico do combustível e outros materiais contaminados associados ao desmantelamento;

- resíduos de alta atividade (HLW- high level waste) – constituídos pelo combustível irradiado (quando declarado como resíduo radioativo), e pelos efluentes líquidos gerados durante o reprocessamento do combustível gasto (que não foi declarado como resíduo radioativo e, como tal, pode ser reprocessado).

Os resíduos de alta atividade têm de ser isolados de contacto com a biosfera durante milhares de anos, devendo ser armazenados em repositórios geológicos de profundidade (Paiva, 2013).

2.6.2. Princípios da gestão segura de Resíduos Radioativos

Apesar de não ser um país nuclear, Portugal também produz resíduos radioativos que resultam das aplicações das matérias radioativas nas práticas médicas, industriais, investigação e ensino.

Define-se resíduo radioativo como “os materiais radioativos sob forma gasosa, líquida ou sólida, independentemente da sua origem, cuja utilização ulterior não seja prevista ou considerada pelo Estado ou por pessoa singular ou coletiva, cuja decisão seja aceite pelo Estado e que sejam regulados como resíduos radioativos pela autoridade competente ao abrigo do quadro legislativo regulamentar em vigor” (AIEA, 2008).

A gestão dos resíduos radioativos rege-se pelos seguintes princípios (AIEA, 2008):

- 1º Princípio: Proteção da saúde humana

Os resíduos radioativos devem ser geridos de modo a garantir um nível aceitável de proteção para a saúde humana.

- 2º Princípio: Proteção do ambiente

Os resíduos radioativos devem ser geridos de modo a providenciar um nível aceitável de proteção do ambiente.

- 3º Princípio: Proteção além-fronteiras

Os resíduos radioativos devem ser geridos de modo a assegurar que os possíveis efeitos na saúde humana e no ambiente, para além das fronteiras do país, serão tidos em consideração.

- 4º Princípio: Proteção das gerações futuras

Os resíduos radioativos devem ser geridos de modo a garantir que os impactos previstos na saúde das gerações futuras não sejam maiores do que os níveis relevantes do impacto que são hoje aceitáveis.

- 5º Princípio: Herança para futuras gerações

Os resíduos radioativos devem ser geridos de modo a que não sejam impostas às gerações futuras heranças indevidas.

- 6º Princípio: Estrutura legislativa nacional

Os resíduos radioativos devem ser geridos dentro de uma estrutura legislativa nacional apropriada, incluindo uma clara distribuição de responsabilidades e prescrições para funções reguladoras independentes.

- 7º Princípio: Controlo da geração de resíduos radioativos

A geração de resíduos radioativos deve ser mantida a um mínimo viável.

- 8º Princípio: Geração de resíduos radioativos e interdependência da gestão

A interdependência entre todas as etapas da geração e gestão dos resíduos radioativos deve ser tomada em consideração.

- 9º Princípio: Segurança das instalações

A segurança das instalações para a gestão de resíduos radioativos deve ser assegurada de modo apropriado, ao longo da sua existência.

O sistema de gestão abrange todas as disposições relativas à organização, responsabilidades, recursos, processos e garantia de qualidade da gestão segura das instalações de gestão ou eliminação dos resíduos radioativos (RP nº179, 2014)

O sistema de gestão abrange, ainda, todas as disposições relativas à prevenção de eventos e minoração das suas consequências, de forma a proteger os trabalhadores e o público em geral dos perigos decorrentes das radiações ionizantes.

Na elaboração de uma estratégia local para a gestão responsável e segura dos resíduos radioativos devem ser consideradas: a) As opções disponíveis para a gestão desses resíduos localmente (isto é, no local onde foram produzidos), numa instalação centralizada de gestão de resíduos radioativos em território nacional ou uma combinação das duas opções anteriores; b) As opções para a minimização da produção de resíduos radioativos; c) Os procedimentos necessários para a caracterização e classificação dos resíduos radioativos; d) As interdependências entre todas as fases da produção e gestão dos resíduos radioativos, nomeadamente cada fase de gestão deve ter em conta os critérios de aceitação das fases subsequentes.

O sistema de gestão é definido em regulamento interno contendo os seguintes aspetos: a) A descrição da estrutura orgânica do operador, nomeadamente as competências e responsabilidades de cada um dos intervenientes; b) A descrição do sistema de gestão, nomeadamente os procedimentos de trabalho, identificação de registos e/ou outros documentos de controlo relevantes, atividades relativas a inspeções, testes e manutenção dos equipamentos e sistema de monitorização ambiental; c) Definição das responsabilidades funcionais, níveis de hierarquia e interação entre aqueles que dirigem, executam e avaliam as tarefas (RP nº179, 2014).

Outros aspetos importantes que devem ser considerados no sistema de gestão são: a) Formação e treino de trabalhadores qualificados e uma gestão de recursos humanos sistemática e documentada com objetivos de longo prazo para antecipar as necessidades futuras de pessoal; b) Implementação de medidas corretivas em caso de desvios aos procedimentos regulamentados; c) Avaliação da eficiência e segurança do sistema de gestão através de auditorias internas e externas (RP nº179, 2014).

2.6.2.1. Estratégias para a minimização da produção de resíduos radioativos

Como primeira prioridade, o operador deve utilizar a menor quantidade possível de material radioativo que permita atingir os objetivos da sua atividade. Por exemplo, sempre que possível, devem ser utilizados radionuclídeos de vida curta e limitar as atividades que levem à produção desnecessária de materiais radioativos.

Como segunda prioridade o operador deve considerar a reutilização e reciclagem do material radioativo e equipamentos antes de os assumir como resíduos radioativos. A reutilização e/ou reciclagem pode envolver as atividades seguintes e estas podem ter de ser autorizadas pela autoridade reguladora:

- a) Reutilização de fontes radioativas seladas pelo detentor ou por um novo detentor de acordo com as disposições legais em vigor;
- b) Reciclagem das fontes radioativas seladas, pelo fabricante;
- c) Descontaminação e reutilização do material, utilizando equipamento de monitorização e de proteção individual adequados.

Sempre que possível, elementos não essenciais, como invólucros e embalagens, devem ser mantidos fora das zonas controladas. Isto reduz o risco potencial de produção de resíduos radioativos e a disseminação de contaminação radioativa, reduzindo o volume de resíduos.

Na compra de fontes radioativas o operador deve contratualizar com o fornecedor para que estas sejam devolvidas ao fabricante, em particular, nos casos das fontes com uma elevada atividade e/ou semivida longa.

Os riscos não radiológicos dos resíduos também devem ser minimizados. Sempre que possível a mistura de resíduos radioativos com outros materiais que apresentem outras características de perigosidade deve ser evitada (COMRSIN, 2016).

2.6.2.2. Fases da gestão dos resíduos radioativos

A gestão dos resíduos radioativos engloba as fases de caracterização, pré-tratamento, tratamento e acondicionamento, que podem envolver operações que alteram

as características dos resíduos, como se vê na Figura 28. O tratamento pode ser necessário por razões de segurança, razões técnicas ou razões financeiras.

Os resíduos só devem ser tratados após a sua caracterização. O método de tratamento selecionado deve garantir que os resíduos satisfazem os critérios específicos para posterior armazenagem, descarga e transporte, ou liberação do controlo regulamentar.

A caracterização dos resíduos radioativos deve ter em conta os fatores seguintes:

- a) Identificação dos perigos potenciais;
- b) Identificação dos resíduos que são passíveis de armazenagem para decaimento;
- c) Identificação do método de processamento tendo em conta o esquema de classificação dos resíduos, estabelecido no Programa Nacional de Gestão de Resíduos Radioativos (COMRSIN, 2016).

A seleção do método de gestão de resíduos radioativos deve ter em consideração a minimização da exposição dos trabalhadores durante o funcionamento normal do processamento bem como a minimização da exposição resultante de potenciais acidentes (COMRSIN, 2016).

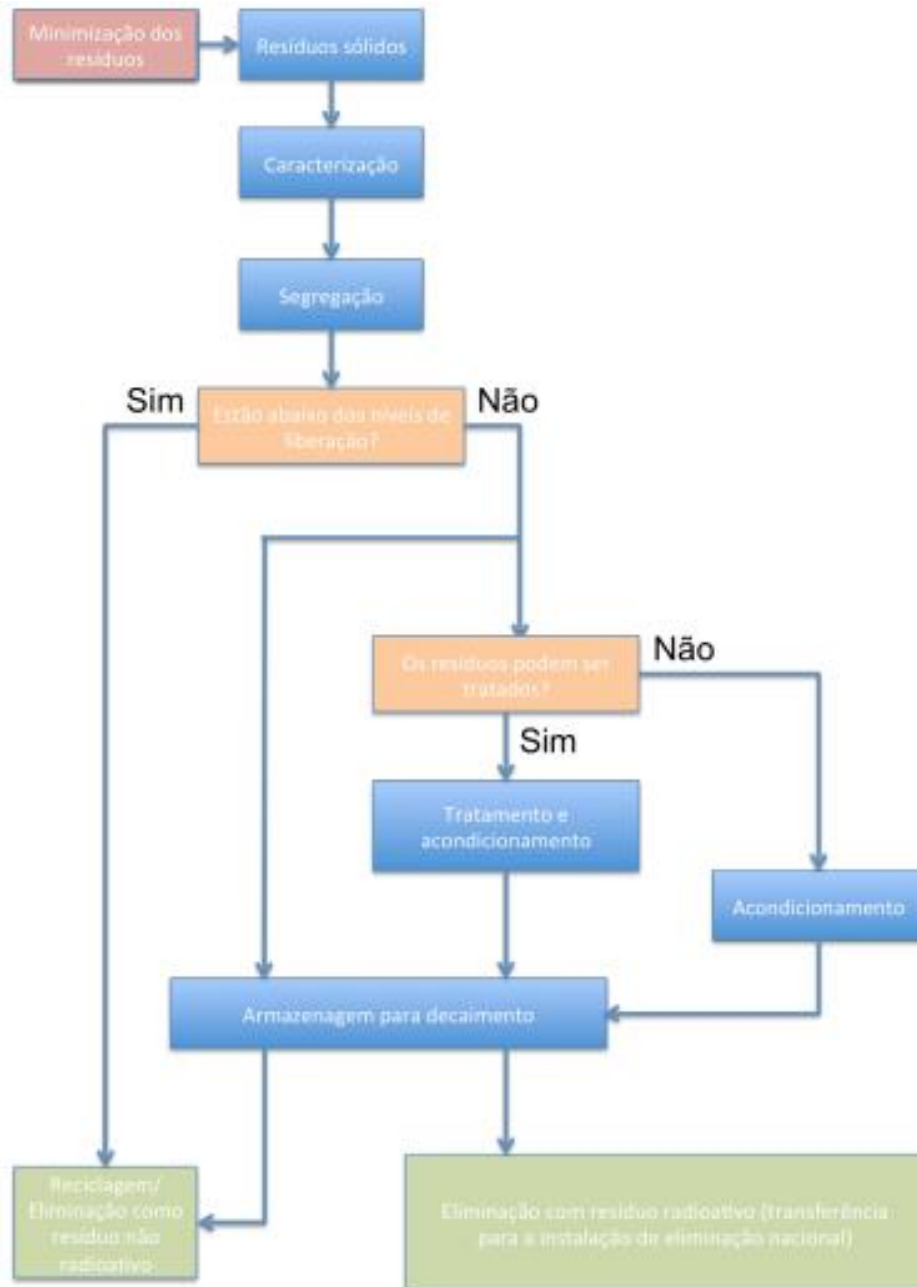


FIGURA 28 - GESTÃO DE RESÍDUOS RADIOATIVOS SÓLIDOS (COMRSIN, 2016).

Pré-tratamento dos resíduos radioativos.

O pré-tratamento dos resíduos radioativos é o passo inicial no sistema de gestão e inclui as atividades de recolha, segregação, regulação química e descontaminação (COMRSIN, 2016).

A segregação deve ser feita na origem, de modo a minimizar os volumes, reduzir os custos e a complexidade de tratamento dos resíduos nas fases subsequentes da gestão dos resíduos radioativos. Deve ser dada atenção particular aos resíduos radioativos com atividade mais elevada, nomeadamente, aquelas resultantes da desativação de componentes de equipamentos e instalações.

Os contentores utilizados na recolha e segregação dos resíduos radioativos devem ser compatíveis física e quimicamente com os resíduos, devem providenciar a contenção adequada destes e devem proporcionar a proteção dos trabalhadores contra os riscos químicos, biológicos, físicos e outros (como, por exemplo, lesões por objetos cortopunhentes). Os contentores deverão estar identificados e etiquetados de forma clara com as informações seguintes (COMRSIN, 2016):

- a) Número de identificação permitindo o seu registo inequívoco;
- b) Radionuclídeos presentes;
- c) Atividade medida ou estimada e data da medida;
- d) Origem (identificação da sala ou laboratório);
- e) Potenciais riscos físicos, químicos e biológicos;
- f) Taxa de dose ao contacto com a superfície do contentor e data da medição;
- g) Quantidade (massa e/ou volume);
- h) Pessoa responsável.

A segregação dos resíduos radioativos deverá ser efetuada tendo em consideração os seguintes fatores:

- a) Atividade e radionuclídeos presentes;
- b) Semi-vida;
- c) Forma física e química dos resíduos radioativos (sólido, líquido, aquoso, orgânico);
- d) Riscos não-radiológicos (inflamabilidade, toxicidade, riscos de explosão, riscos de infecção, riscos farmacológicos, etc.);
- e) Fases subsequentes do processo de gestão dos resíduos radioativos.

Tratamento dos resíduos radioativos.

O tratamento dos resíduos radioativos inclui todas as operações destinadas a garantir a segurança e redução dos custos associados à sua gestão através da alteração das suas características. Os tratamentos básicos aplicáveis são a redução do volume, remoção dos radionuclídeos e alteração da composição dos resíduos radioativos (COMRSIN, 2016).

Resíduos radioativos sólidos.

A Figura 28 apresenta o fluxograma para a gestão dos resíduos radioativos sólidos. No caso particular das fontes radioativas aplica-se o fluxograma apresentado na Figura 29.

A compactação de resíduos radioativos pode ser efetuada apenas se forem garantidas as seguintes condições:

- a) Resíduos que, pelas suas características, possam danificar o contentor, são excluídos;
- b) Os resíduos perigosos (como, por exemplo, resíduos infecciosos) são excluídos, evitando assim descargas perigosas (como, por exemplo, a libertação de micro-organismos);
- c) Os contentores pressurizados são excluídos de modo a evitar descargas não controladas de gases e contaminantes;

d) As fontes radioativas seladas, esgotadas ou fora de uso, são excluídas de modo a evitar riscos de contaminação e exposição;

e) As poeiras são excluídas de modo a evitar riscos de contaminação;

f) Os materiais quimicamente ativos são excluídos de modo a evitar riscos de reações descontroladas (combustão e explosão).

A incineração de resíduos radioativos pode ser efetuada apenas se forem garantidas as condições seguintes, sem prejuízo do disposto no Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto:

a) As fontes radioativas seladas, esgotadas ou fora de uso, são excluídas de modo a evitar riscos de contaminação;

b) Os contentores pressurizados são excluídos de modo a evitar descargas não controladas de gases e contaminantes;

c) Os materiais tóxicos voláteis são excluídos;

d) Os materiais com elevado teor de humidade são controlados de modo a garantir a combustão completa dos resíduos;

e) Existe um controlo radiológico subsequente das cinzas radioativas produzidas na incineração;

f) O tratamento e controlo dos gases de exaustão está assegurado e os efluentes gasosos são libertados para a atmosfera dentro dos limites autorizados pela entidade reguladora competente.

A Figura 29, esquematiza a gestão de fontes radioativas seladas.

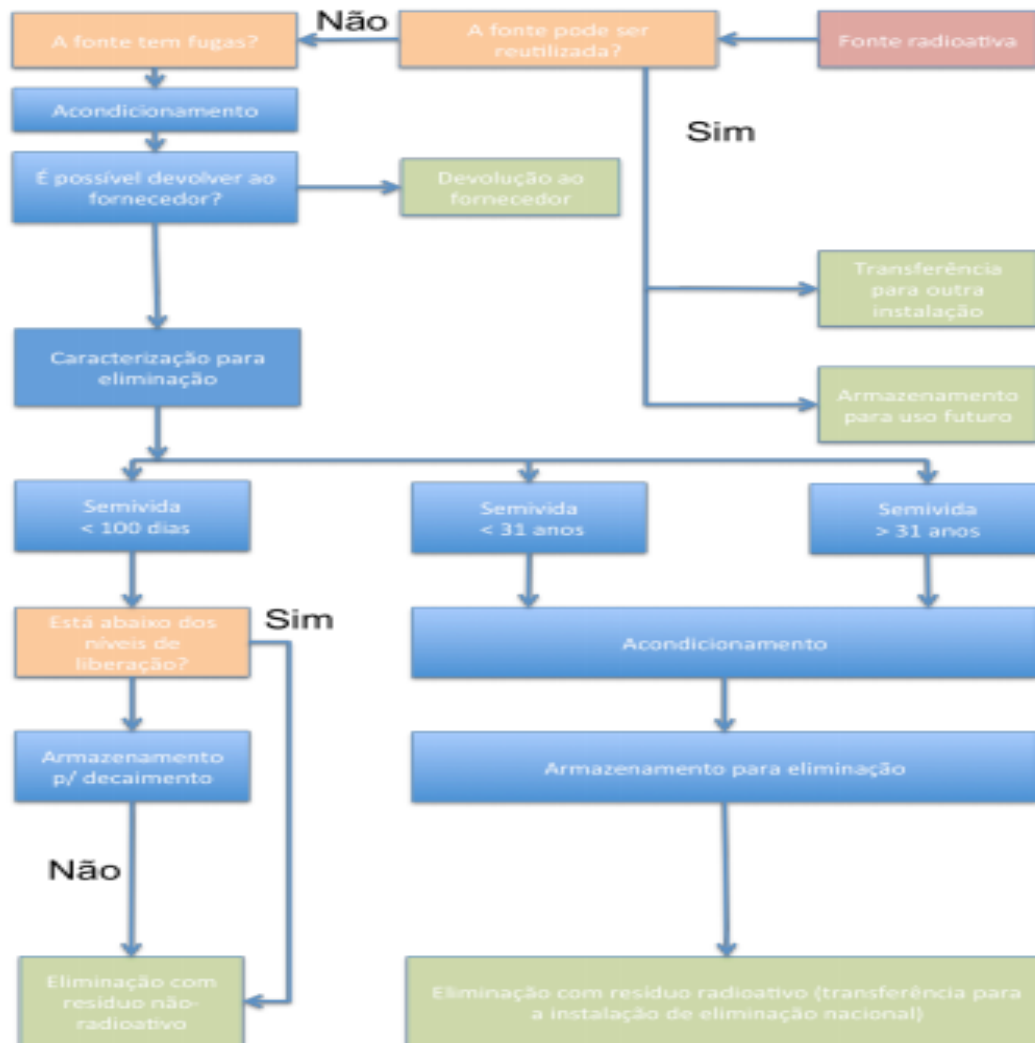


FIGURA 29 - FLUXOGRAMA PARA A GESTÃO DE FONTES RADIOATIVAS (COMRSIN, 2016).

A Figura 30, apresenta algumas fontes radioativas seladas utilizadas na indústria que se tornaram resíduos radioativos após a sua vida útil ou que resultaram de situações de emergência radiológica.



FIGURA 30 - FONTES RADIOATIVAS SELADAS CLASSIFICADAS COMO RESÍDUOS RADIOATIVOS (IST, 2007).

Ciclo de vida de fontes radioativas

O esquema apresentado na Figura 31 descreve de maneira sucinta o ciclo de vida das fontes radioativas, desde sua produção, distribuição, até ao destino final.

Com relação à Figura 31, pode-se observar que as setas indicam a circulação das fontes entre os locais de suas aplicações e são as condições em que estão mais vulneráveis, já as caixas retangulares indicam a condição em que ocorre a gestão da fonte radioativa de forma mais segura e as que têm forma de losango indicam as condições em que as fontes possuem maior risco de segurança física e radiológica.

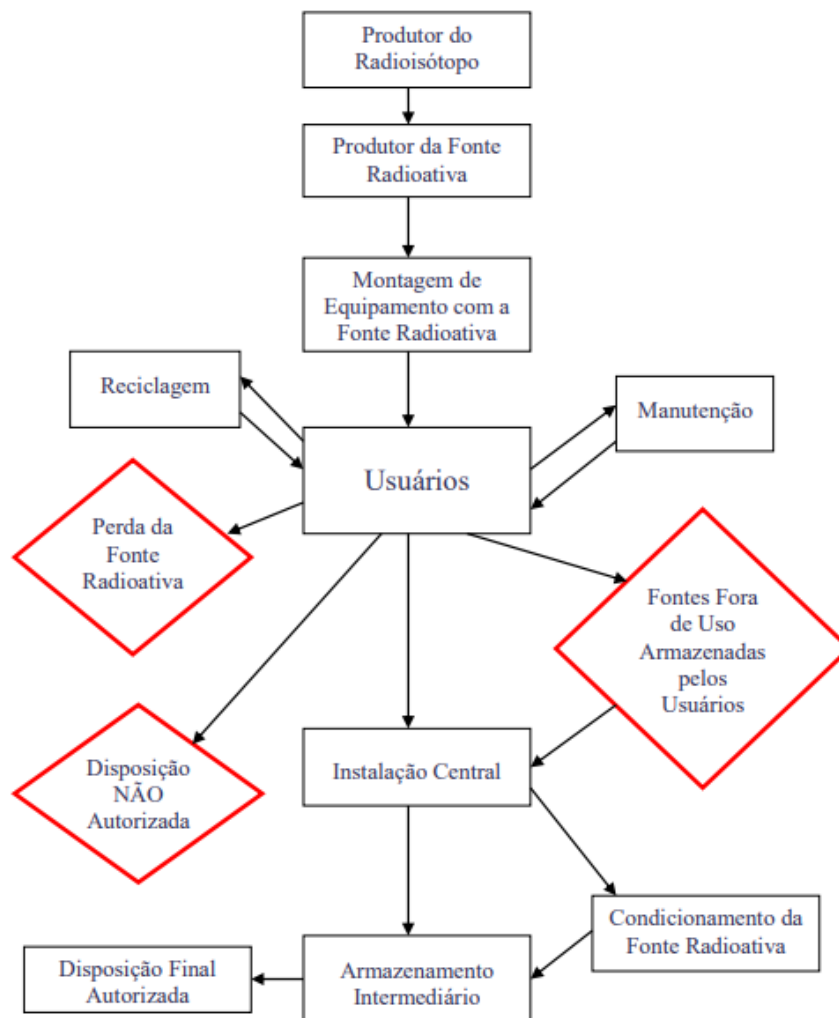


FIGURA 31 - CICLO DE VIDA DAS FONTES RADIOATIVAS (FERREIRA, 2010)

2.7. Intervenção em caso de acidente com fontes radioativas seladas

2.7.1. Diretiva Operacional Nacional nº3

A Diretiva operacional nacional (DON) nº3 – Nucleares, Radiológicos, Biológicos e/ou Químicos (NRBQ) (Anexo X) é o dispositivo integrado de operações nuclear, radiológico, biológico e químico da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC).

A diretiva constitui-se como instrumento de planeamento, organização, coordenação e comando operacional no quadro das ações de resposta a situações de emergência envolvendo agentes NRBQ e ainda como documento de referência para os planos e diretivas das outras entidades públicas ou privadas da área da proteção e do socorro.

A DON garante uma adequada, expedita e eficácia na mobilização de meios e recursos, humanos e técnicos, para responder às situações de proteção e socorro que envolvam agentes NRBQ.

A ANPC é a autoridade coordenadora de todos os meios envolvidos e entidades intervenientes, no teatro de operações, como por exemplo:

- Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC)
- Guarda Nacional Republicana (GNR)
- Polícia de Segurança Pública (PSP)
- Polícia Judiciária (PJ)
- Forças Armadas (FA)
- Regimento de Sapadores de Bombeiros de Lisboa (RSB)
- Batalhão de Sapadores Bombeiros do Porto (BSB)
- Companhia de Bombeiros Sapadores de Setúbal (CBSS)
- Companhia de Bombeiros Sapadores de Coimbra (CBSC)
- Bombeiros Voluntários de Santa Maria da Feira (BV SMF)
- Restantes Corpos de Bombeiros (CB)

- Instituto de Meteorologia (IM)
- Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM)
- Direcção-Geral da Autoridade Marítima/Polícia Marítima (DGAM)
- Cruz Vermelha Portuguesa (CVP)
- Direcção-Geral da Saúde (DGS)
- Instituto Nacional de Medicina Legal (INML)
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA)
- Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG)
- Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN)
- Serviço de Informações de Segurança (SIS)
- Câmaras Municipais / Serviços Municipais de Protecção Civil (SMPC)

De acordo com o Decreto-Lei nº 174/2002 de 25 de julho, a DGS é a autoridade técnica de intervenção competente em todas as situações de emergência radiológica em instalações, exceto as relativas a atividades mineiras e outras instalações do ciclo de combustível nuclear.

A Agência Portuguesa do Ambiente é competente e em todas as situações de emergência radiológica de que resulte ou possa resultar risco para a população e o ambiente, incluindo a situação decorrente do exercício de práticas mineiras antigas ou anteriores relativas a minério radioativo.

O Instituto Tecnológico e Nuclear é competente em situações de emergência radiológica ocorrida num transporte de substâncias radioativas ou em situações de emergência provocada pela perda de fontes radioativas seladas.

Quando casos não previstos, como em cima mencionado, a Autoridade técnica de intervenção é definida pelo Ministro da Administração Interna.

A Autoridade técnica de intervenção é responsável pela coordenação das ações, desde a notificação inicial até ao final de uma emergência radiológica em que todos os intervenientes terminaram a ação de resposta. Após a notificação a ATI, propõem ações

adequadas; notifica outros organismos (Anexo XI); e notifica Ministério dos Negócios Estrangeiros no caso de a situação de emergência envolver uma libertação, real ou potencial, com implicações transfronteiriças.

2.7.2. Meios intervenientes em caso de acidente radiológico

Em caso de acidente radiológico, é necessário após o alerta, mobilizar as entidades intervenientes de acordo com a diretiva operacional nacional nº 3- NRBQ.

Para uma maior eficácia e rapidez, no trabalho dos agentes de proteção civil, proponho um fluxograma para a mobilização de entidades intervenientes após acidentes radiológicos, na Figura 32.

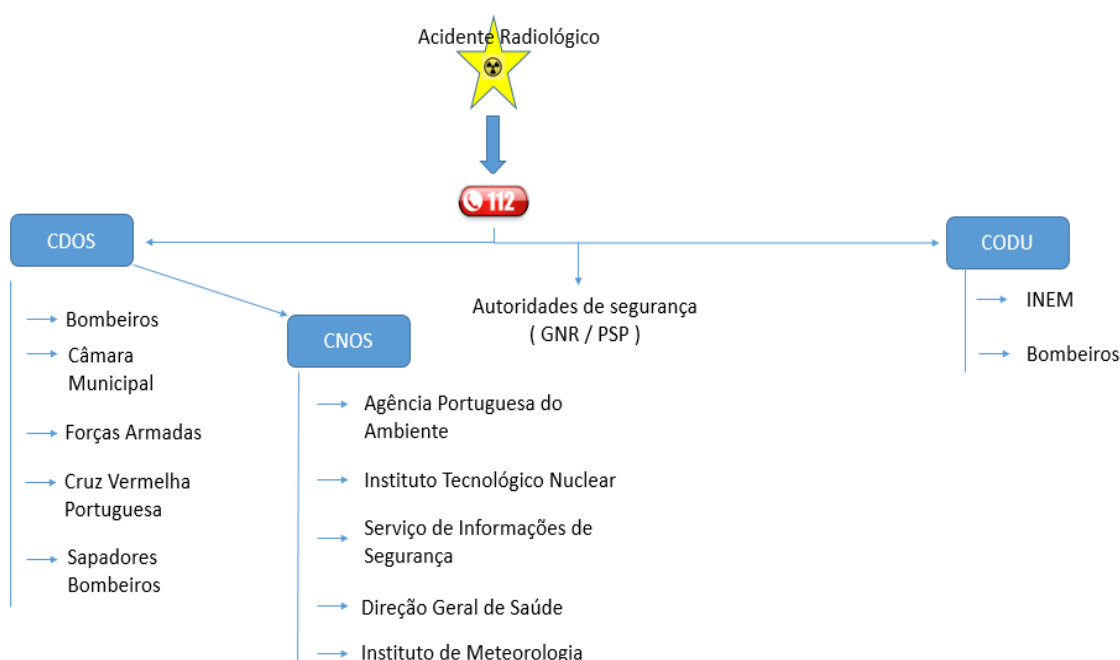


FIGURA 32 - FLUXOGRAMA PARA A MOBILIZAÇÃO DE ENTIDADES INTERVENIENTES, EM ACIDENTES RADIOLÓGICOS.

A Figura 32, mostra que, quando ocorre um acidente radiológico, o alerta pode ser dado através da linha 112.

O 112, mobiliza as autoridades de segurança (GNR, PSP) e reencaminha a informação para o CDOS (Comando Distrital de Operações de Socorro) e para o INEM (Instituto Nacional de Emergência Médica).

O INEM mobiliza as ambulâncias de socorro, dos corpos de bombeiros ou do próprio INEM.

O CDOS mobiliza de imediato os veículos considerados mais adequados e apetrechados com os equipamentos de segurança apropriados, proceder às eventuais ações de buscas, resgate e socorro. Em simultâneo o CDOS dá conhecimento ao CNOS (Comando Nacional de Operações de Socorro).

É mobilizada as forças armadas, para o reconhecimento, deteção, monitorização de agentes radiológicos. E ainda têm a competência de delimitar a área contaminada e fazerem a descontaminação coletiva de pessoal e material. Os bombeiros sapadores, têm a mesmas competências.

Cabe à CVP (Cruz Vermelha Portuguesa), apoiar as operações de socorro e às ações de avaliação e apoio à decisão.

O CNOS, deve notificar imediatamente a Autoridade técnica de intervenção que mobiliza a (Agência Portuguesa do Ambiente, o Instituto Tecnológico Nuclear e Direção Geral de Saúde).

Cabe à proteção civil informar o Serviço de Informações de Segurança e Instituto de Meteorologia.

2.7.3. Alguns acidentes/incidentes envolvendo fontes órfãs e más práticas com fontes seladas

Acidente radiológico em Goianas, Brasil

Em fins de 1985, o Instituto Goiano de Radioterapia, em Goiânia, Brasil, foi mudado para um novo local, tendo levado vários equipamentos, incluindo uma unidade de teleterapia com uma fonte de ^{60}Co mas deixando, nas antigas instalações, uma unidade de teleterapia com fonte de ^{137}Cs (1375Ci; 50.9TBq), sem ter notificado as autoridades reguladoras como estipulado na licença da instalação. As antigas instalações foram, entretanto, demolidas e a fonte de ^{137}Cs passou a ser uma fonte fora do controlo regulador tornando-se, assim, insegura. Dois sucateiros entraram nas instalações e desconhecendo o que era um aparelho de teleterapia mas pensando poder ter algum valor como sucata, removeram a cabeça de irradiação (que contém a fonte) e transportaram-na para as suas instalações com o objetivo de a dismantelar, Figura 33 (IAEA, 2004).



FIGURA 33 - MÁQUINA DE RADIOTERAPIA, COM FONTE RADIOATIVA SELADA (IAEA, 2004).

O resultado foi a ruptura da capsula de selagem da fonte. Esta estava na forma de um sal de cloreto de cézio, altamente solúvel e facilmente dispersivo. Partes da cabeça de irradiação e da selagem foram vendidas a um sucateiro da área que notou um brilho azul que emanava das mesmas na escuridão. Familiares e amigos deslocaram-se ao local para observar o fenómeno tendo sido distribuídos fragmentos do tamanho de bagos de arroz, do sal azul brilhante, por várias famílias, Figura 34 (IAEA, 2004).



FIGURA 34 - ÁREA DO EQUIPAMENTO DE RADIOTERAPIA CORRESPONDENTE À LOCALIZAÇÃO DA FONTE DE ^{137}Cs , ACIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIÂNIA (IAEA, 2004).

Esta ocorrência durou 5 dias, tendo-se multiplicado o número de indivíduos com fortes sintomas de doença resultante da exposição às radiações do ^{137}Cs embora os sintomas não tenham sido logo identificados como tal. Foi o acaso que levou um dos indivíduos irradiados a relacionar a doença com a fonte retirada das instalações abandonadas e a levar o que ainda restava às instalações de saúde locais da cidade, Figura 35 (IAEA, 2004).



FIGURA 35 - OPERAÇÕES DE DESMANTELAMENTO E DESCONTAMINAÇÃO DE ÁREA AFETADA PELO ACIDENTE COM A FONTE ÓRFÃO DE ^{137}Cs , GOIÂNIA, BRASIL (IAEA, 2004).

Por esta altura, já se estava em presença de um grave acidente radiológico com extensas áreas da cidade, contaminadas com ^{137}Cs e um elevado número de afetados pela irradiação. Foram monitoradas cerca de 112 000 pessoas das quais 249 estavam contaminadas, interna e externamente, tendo-se registado 12 feridos graves e 6 óbitos (IAEA, 2004).



FIGURA 36 - LOCAL DE ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA DE RESÍDUOS RADIOATIVOS RESULTANTES DAS OPERAÇÕES DE DESMANTELAMENTO E DESCONTAMINAÇÃO, GOIÂNIA, BRASIL (IAEA, 2004).

Procedimentos de descontaminação de pessoas e locais foram aplicados, Figuras 35 e 36, tendo resultado cerca de 4000 m^3 de resíduos radioativos (uma central nuclear operando 25 anos, produz cerca de 2300 m^3 de resíduos radioativos). Para efeito de gestão dos resíduos que iam sendo produzidos nas atividades de descontaminação, foi construído um local de armazenagem temporário (IAEA, 2004).

Incidente da Empresa ACERINOX, Espanha

Uma fonte órfã de ^{137}Cs entrou, acidentalmente, num forno da empresa ACERINOX, uma das maiores empresas produtoras de aço na Europa. Embora a empresa tivesse pórticos de deteção de radiação, um destes, por avaria, não detetou a fonte órfã na carga de sucata que entrou no forno. Como consequência da fusão acidental da fonte, para além da presença de ^{137}Cs no ar, detetado em vários sistemas de monitorização europeus, parte do forno e do circuito de refrigeração, ficaram fortemente contaminados. Deste incidente radiológico, resultaram 40 m³ de água contaminada, 2000 toneladas de cinzas (atividades baixa-média) e 150 toneladas de material fundido contaminado, Figura 37.

Mais tarde, os resíduos radioativos resultantes do desmantelamento e da descontaminação, foram armazenados no repositório de superfície de El Cabil, Espanha, Figura 37 (IAEA, 2004).



FIGURA 37 - RESÍDUOS RADIOATIVOS (AÇO CONTAMINADO) RESULTANTES DO INCIDENTE NA SIDERURGIA ACERINOX, 1998, ESPANHA (IAEA, 2004).



FIGURA 38 - REPOSITÓRIO DE SUPERFÍCIE, PARA RESÍDUOS RADIOATIVOS, EL CABRIL, ESPANHA (IAEA, 2004).

Acidente radiológico em São Salvador

Em 5 de fevereiro de 1989, ocorreu um acidente radiológico em uma instalação de irradiação industrial perto de São Salvador, a capital da República de Salvador. Os produtos médicos pré-embalados eram esterilizados na instalação por irradiação por meio de uma fonte radioativa de cobalto-60 de atividade elevada, num rack (prateleira/cesto móvel) de fonte móvel. O acidente aconteceu quando este rack de fonte ficou preso na posição de irradiação.

O operador ignorou os sistemas de segurança já degradados do irradiador e entrou na sala de radiação com outros dois trabalhadores para liberar o rack de origem manualmente.

Os três trabalhadores foram expostos a elevadas doses de radiação e desenvolveram a síndrome da radiação aguda. O tratamento hospitalar inicial em San Salvador e subsequentes tratamentos mais especializados na Cidade do México foram eficazes para combater os efeitos agudos. No entanto, as pernas e os pés de dois dos três homens estavam tão seriamente feridos que a amputação foi necessária. O trabalhador que havia sido mais exposto morreu seis meses e meio após o acidente, sendo sua morte atribuída a danos pulmonares residuais devido à irradiação, exacerbada por lesão sofrida durante o tratamento (IAEA, 2004).

Acidente radiológico em Soreq

Em 21 de junho de 1990 houve um acidente radiológico numa instalação de irradiação comercial em Soreq, Israel. Os produtos médicos pré-embalados e as especiarias eram esterilizados na instalação por irradiação por meio de uma fonte radioativa de cobalto-60 de elevada atividade, num um rack móvel. O acidente aconteceu depois que o rack de fonte ficou preso na posição de irradiação devido a obstrução por caixas no transportador interno.

O operador, tendo interpretado mal dois sinais de alerta conflitantes, ignorou os sistemas de segurança instalados e os procedimentos existentes para entrar na sala de irradiação e libertar o bloqueio.

Após um minuto ou mais na sala de irradiação, o operador sentiu uma sensação de ardor nos olhos e fortes dores de cabeça mas conseguiu sair da sala e relatar o incidente a um superior. Pouco depois, sentiu-se doente e começou a vomitar tendo sido de imediato, levado para um hospital onde lhe foram prestados cuidados especializados. Apresentou sinais e sintomas indicativos de doenças hematológicas e gastrointestinais severas da síndrome de radiação aguda (ARS). As lesões cutâneas localizadas devido à irradiação também se desenvolveram. Estima-se que recebeu uma dose total de corpo entre 10 Gy e 20 Gy ¹. Apesar de todos os esforços médicos, incluindo o uso de novos fármacos hematopoiéticos do fator de crescimento, ele morreu 36 dias após o acidente (IAEA, 2004).

¹ Gy (gray) unidade de dose absorvida. 1 Gy = 1 Kg/J

3. Considerações finais

As fontes radioativas estão presentes em muitas das atividades diárias.

Nesta tese pretendeu-se, fundamentalmente, apresentar as aplicações das fontes seladas nas várias práticas industriais, assim como a sua gestão como resíduo radioativo.

As fontes radioativas seladas devem estar sob adequado controlo institucional mas, por vezes, acabam por se perderem. Quando se perde uma fonte radioativa, as causas e consequências podem ser graves podendo afetar o Homem e o Ambiente, devido à exposição à radiação.

De modo a manter um maior controlo das fontes seladas, é necessário que haja uma gestão adequada das mesmas a qual depende da existência de uma autoridade reguladora independente, de um responsável pela proteção radiológica, de um plano de proteção radiológica e de um plano de emergência em caso de acidente/incidente com fontes seladas.

Uma gestão adequada e segura depende também da existência de procedimentos de gestão das fontes durante a sua vida útil e como resíduo radioativo, e da alocação de responsabilidades aos detentores das mesmas.

No caso em estudo, a Mina Neves Corvo (SOMINCOR, subsidiária da Empresa LUNDIN Mining), foi estudada a forma de gestão de fontes seladas, a qual segue os procedimentos técnicos de segurança de acordo com legislação nacional e as normas internacionais da Agência Internacional de Engenharia Atómica relativas à segurança de fontes seladas durante a sua vida útil e como resíduo radioativo.

Nesta tese foi também abordado o tema da segurança de fontes seladas cuja importância não é de mais salientar em virtude dos acidentes/incidentes relatados.

Em Portugal, para além do público, em geral, desconhecer o termo “fonte radioativa” ou mesmo “fonte selada”, muitas entidades intervenientes em caso de emergência também não possuem os conhecimentos necessários para atuarem em caso de acidente/incidente, com fontes radioativas, seladas ou não.

Para que as fontes radioativas seladas sejam geridas adequadamente e de acordo com o seu nível de perigosidade, devem existir procedimentos ao nível dos operadores industriais e outros, que as utilizam.

Entre as possíveis soluções para melhorar a gestão de fontes radioativas, incluem-se uma maior formação nas empresas, nomeadamente, dirigida aos que lidam com equipamentos que têm fontes seladas e aos que são responsáveis pela sua gestão como resíduo radioativo.

Também mais esforços devem ser feitos para uma maior consciencialização de todos os intervenientes em caso de emergência radiológica, a nível local (ANPC, Bombeiros serviços médicos de emergência, unidades hospitalares, serviços camarários, transportes, etc.) no sentido de se coordenarem de modo mais rápido e eficaz.

Deveriam ser encetadas ações no sentido de uma maior sensibilização do público em geral para os cuidados a ter na manipulação de fontes radioativas assim como envolver as autoridades locais, populações e intervenientes institucionais em caso de emergência, em exercícios de treino em evacuação em caso de emergência radiológica.

Também deveriam ser continuados os esforços de maior intervenção, por parte das autoridades competentes, ao nível do treino dos operadores de sucatas locais no sentido de os alertar para os perigos das fontes órfãs.

A continuação deste estudo sobre as fontes seladas na indústria poderia incluir a elaboração e envio de inquéritos a várias empresas do país utilizadoras de fontes seladas, no sentido de identificar as várias formas de gestão durante o seu tempo de utilização e como resíduo radioativo. Desse estudo, poderiam ser elaborados procedimentos standard que tornariam a gestão muito mais segura.

Na conclusão desta dissertação foi possível cumprir os objetivos definidos.

Este trabalho foi muito importante para o meu conhecimento, uma vez que é um tema ainda pouco abordado em Portugal.

As fontes radioativas estão presentes em muitas das atividades diárias.

As fontes radioativas seladas devem estar sob adequado controlo institucional mas, muitos acabam por se perderem. Quando se perde uma fonte radioativa, as causas e consequências são graves, devido à exposição dos radionuclídeos.

De modo a manter um maior controlo das fontes seladas, é necessário que haja uma gestão adequada das mesmas.

O objetivo principal desta dissertação foi estudar a gestão das fontes radioativas seladas na indústria desde a sua aquisição até à classificação como resíduo radioativo.

Tudo o que nos rodeia é radioativo e até o nosso corpo tem radioatividade porque a radioatividade é parte integrante do nosso planeta.

A radioatividade pode ser definida como o processo pelo qual os átomos instáveis tendem para a estabilidade, emitindo energia sob forma de radiação.

4. Referências bibliográficas

RP nº179. (2014). *Radiation Protection nº179*.

AIEA. (2008). *"Naturally Occurring Radioactive Material"*. Vienna.

Carlos, P. (2017). *"Radioatividade nas águas destinadas a consumo humano"*. Coimbra.

COMRSIN. (2016). *"Orientações para a Gestão Segura de Resíduos Radioativos para Armazenagem à Superfície "*.

Decreto-lei nº 222. (17 de novembro de 2008). Tratado que institui a Comunidade Europeia de Energia Atómica. *Ministério da Saúde*. Lisboa: Diário da República.

Decreto-lei nº 29. (9 de fevereiro de 2012). Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Lisboa: Instituto Superior Técnico e Diário da República.

Decreto-lei nº 38. (19 de fevereiro de 2007). Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Lisboa: Diário da República.

Diretiva n.º 122/EURATOM. (22 de dezembro de 2003). Controlo de fontes radioactivas seladas de actividade elevada e de fontes órfãs.

Diretiva nº 70/EURATOM. (19 de julho de 2011). Gestão responsável e segura do combustível irradiado.

EcKert & Ziegler. (2017). Obtido de EcKert & Ziegler - Brasil Isotope Solutions: <http://www.ezagbrasil.com.br/index.html>

Fernandes. (2017). *Manual de Higiene no Trabalho*. Guarda.

Ferreira, R. (2010). *"Desenvolvimento de metodologia para a caracterização de fontes radioativas seladas"*. S. Paulo.

IAEA. (2004). *Code of Conduct on the Safety and Security of radioactive sources*. Vienna.

IST, 2. (2007). *Web*. Obtido de Instituto Superior Técnico.

Lundin. (2013). *Neves Corvo - Second Quarter June 30*.

- Okuno. (2013). *"Efeitos biológicos das radiações ionizantes"*. Obtido de Web.
- Paiva, I. (2013). *Gestão de Resíduos Radioativos em Portugal: Fontes Radioactivas Seladas*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Soares, Pereira e Flôr. (2011). *"Utilização de vestimentos de proteção radiológica"*. Brasil.
- Somincor. (2015). *Descrição da empresa*.
- Somincor. (14 de outubro de 2017). Obtido de <http://somincor.com.pt/>
- Valentim. (1998). *"Doses to the Embryo and Fetus from Intakes of Radionuclides by the Mother"*.

5. Anexos

Anexo I – Agência Internacional de Engenharia Atômica – Procedimentos técnicos de segurança



IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE FUENTES RADIATIVAS

23. Todo Estado que participe en la importación o exportación de fuentes radiactivas debe adoptar medidas apropiadas para asegurar que las transferencias se realicen en conformidad con las disposiciones del Código y que las transferencias de fuentes radiactivas comprendidas en las categorías 1 y 2 del Anexo del presente Código tengan lugar sólo con la notificación previa del Estado exportador y, según corresponda, con la aprobación del Estado importador con arreglo a sus leyes y reglamentaciones respectivas.
24. Todo Estado que se proponga autorizar la importación de fuentes radiactivas comprendidas en las categorías 1 y 2 del Anexo del presente Código debe aprobar su importación sólo si el destinatario está autorizado a recibir y poseer la fuente en virtud de su legislación nacional y el Estado tiene la capacidad técnica y administrativa, los recursos y la estructura reglamentaria apropiados para garantizar que la fuente se gestionará en consonancia con las disposiciones del presente Código.
25. Todo Estado que se proponga autorizar la exportación de fuentes radiactivas comprendidas en las categorías 1 y 2 del Anexo del presente Código debe aprobar su exportación sólo si puede cerciorarse de que, en la medida de lo posible, el Estado destinatario ha autorizado al destinatario a recibir y poseer la fuente y tiene la capacidad técnica y administrativa, los recursos y la estructura reglamentaria apropiados para garantizar que la fuente se gestionará en consonancia con las disposiciones del presente Código.
26. Si las condiciones mencionadas en los párrafos 24 y 25 con respecto a una importación o exportación en particular no pueden cumplirse, esa importación o exportación podrá ser autorizada en casos excepcionales con el consentimiento del Estado importador si se ha adoptado una disposición alternativa que garantice que la fuente será gestionada en condiciones de seguridad tecnológica y física.
27. Todo Estado debe autorizar el reingreso en su territorio de fuentes radiactivas en desuso si, en el marco de su legislación nacional, ha aceptado que se devuelvan a un fabricante autorizado para gestionar las fuentes en desuso.
28. Todo Estado que autorice la importación o exportación de una fuente radiactiva debe adoptar las medidas apropiadas para garantizar que dicha importación o exportación se realice en conformidad con las normas

internacionales vigentes en relación con el transporte de materiales radiactivos.

29. Aunque no esté sujeto a los procedimientos de autorización enunciados en los párrafos 24 y 25, el transporte de fuentes radiactivas a través del territorio de un Estado de tránsito o transbordo debe efectuarse en consonancia con las normas internacionales pertinentes que estén vigentes en relación con el transporte de materiales radiactivos, en particular prestando especial atención al mantenimiento de la continuidad del control durante el transporte internacional.

FUNCIÓN DEL OIEA

30. El OIEA debería:
 - a) seguir acopiando y difundiendo información sobre leyes, reglamentaciones y normas técnicas relativas a la gestión de las fuentes radiactivas en condiciones de seguridad tecnológica y física; elaborar y establecer las normas técnicas pertinentes y adoptar disposiciones para la aplicación de estas normas a petición de un Estado, entre otras cosas, asesorando y prestando asistencia en relación con todos los aspectos de la gestión de las fuentes radiactivas en condiciones de seguridad tecnológica y física;
 - b) dar amplia difusión al presente Código y a la información conexa; y
 - c) en particular, aplicar las medidas aprobadas por sus Órganos Rectores.

DIFUSIÓN DEL CÓDIGO

31. Todo Estado, según corresponda, debe comunicar a las personas que participen en la gestión de las fuentes radiactivas, como la industria, los profesionales de la salud y los órganos gubernamentales y el público, de las medidas que haya adoptado para poner en práctica el presente Código, y debe adoptar medidas para difundir esa información.

Anexo II – Diretiva 2013/59/EURATOM

II

(Atos não legislativos)

DIRETIVAS

DIRETIVA 2013/59/EURATOM DO CONSELHO

de 5 de dezembro de 2013

que fixa as normas de segurança de base relativas à proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes, e que revoga as Diretivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom

O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia da Energia Atômica, nomeadamente os artigos 31.º e 32.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão Europeia, elaborada depois de obter o parecer de um grupo de personalidades designadas pelo Comité Científico e Técnico de peritos cientistas dos Estados-Membros, e após consulta ao Comité Económico e Social Europeu,

Tendo em conta o parecer do Parlamento Europeu,

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social Europeu,

Considerando o seguinte:

- (1) O artigo 2.º, alínea b), do Tratado Euratom prevê o estabelecimento de normas de segurança uniformes destinadas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores. O artigo 30.º do Tratado Euratom define as "normas de base" relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.
- (2) Para desempenhar as suas atribuições, a Comunidade estabeleceu normas de base pela primeira vez em 1959, através das diretivas de 2 de fevereiro de 1959, que estabelecem as normas de base relativas à proteção sanitária dos trabalhadores e da população contra os perigos resultantes das radiações ionizantes⁽¹⁾. As diretivas foram sujeitas a várias revisões, a mais recente das quais operada pela Diretiva 96/29/Euratom do Conselho⁽²⁾ que revogou as anteriores diretivas.

⁽¹⁾ JO L 11 de 20.2.1959, p. 221.

⁽²⁾ Diretiva 96/29/Euratom do Conselho, de 13 de maio de 1996, que fixa as normas de segurança de base relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (JO L 159 de 29.6.1996, p. 1).

- (3) A Diretiva 96/29/Euratom fixa as normas de segurança de base. As disposições dessa diretiva aplicam-se a situações normais e de emergência e foram complementadas por legislação mais específica.

- (4) A Diretiva 97/43/Euratom do Conselho⁽³⁾, a Diretiva 89/618/Euratom do Conselho⁽⁴⁾, a Diretiva 90/641/Euratom do Conselho⁽⁵⁾ e a Diretiva 2003/122/Euratom do Conselho⁽⁶⁾ abrangem diversas questões específicas que complementam a Diretiva 96/29/Euratom.

- (5) Como consagrado na jurisprudência do Tribunal de Justiça da União Europeia, a incumbência imposta à Comunidade pelo artigo 2.º, alínea b), do Tratado Euratom, no sentido de estabelecer normas de segurança uniformes para a proteção sanitária dos trabalhadores e da população em geral, não impede que, salvo indicação expressa nas normas, os Estados-Membros prevejam uma proteção mais rigorosa. Dado que a presente diretiva estabelece regras mínimas, os Estados-Membros são livres de adotar, ou manter, medidas mais restritivas na matéria abrangida, sem prejuízo da livre circulação de mercadorias e serviços no mercado interno, tal como definida na jurisprudência do Tribunal de Justiça.

- (6) O grupo de peritos designados pelo Comité Científico e Técnico da Euratom recomendou que as normas de segurança de base, estabelecidas em conformidade com os

⁽³⁾ Diretiva 97/43/Euratom do Conselho, de 30 de junho de 1997, relativa à proteção da saúde das pessoas contra os perigos resultantes de radiações ionizantes em exposições radiológicas médicas e que revoga a Diretiva 84/466/Euratom (JO L 180 de 9.7.1997, p. 22).

⁽⁴⁾ Diretiva 89/618/Euratom do Conselho, de 27 de novembro de 1989, relativa à informação da população sobre as medidas de proteção sanitária aplicáveis e sobre o comportamento a adotar em caso de emergência radiológica (JO L 357 de 7.12.1989, p. 31).

⁽⁵⁾ Diretiva 90/641/Euratom do Conselho, de 4 de dezembro de 1990, relativa à proteção dos trabalhadores externos sujeitos ao risco de radiações ionizantes durante a intervenção numa zona controlada (JO L 349 de 13.12.1990, p. 21).

⁽⁶⁾ Diretiva 2003/122/Euratom do Conselho, de 22 de dezembro de 2003, relativa ao controlo de fontes radioativas seladas de atividade elevada e de fontes órfãs (JO L 346 de 31.12.2003, p. 57).

Anexo III – Anexo III da Diretiva 2013/59/EURATOM

ANEXO III

Valores de atividade que definem as fontes seladas de atividade elevada, a que se refere o artigo 4.º, ponto 43

No que diz respeito aos radionuclídeos que não se encontram enumerados no quadro abaixo, a atividade relevante é igual ao valor-D definido na publicação da AIEA *Dangerous quantities of radioactive material (D-values)* (Quantidades perigosas de material radioativo (valores-D)), (EPR –D-VALUES 2006).

Radionuclídeo:	Atividade (TBq)
Am-241	6×10^{-2}
Am-241/Bc-9 ⁽¹⁾	6×10^{-2}
Cf-252	2×10^{-2}
Cm-244	5×10^{-2}
Co-60	3×10^{-2}
Cs-137	1×10^{-1}
Gd-153	1×10^0
Ir-192	8×10^{-2}
Pm-147	4×10^1
Pu-238	6×10^{-2}
Pu-239/Bc-9 ⁽¹⁾	6×10^{-2}
Ra-226	4×10^{-2}
Se-75	2×10^{-1}
Sr-90 (Y-90)	1×10^0
Tm-170	2×10^1
Yb-169	3×10^{-1}

⁽¹⁾ A atividade indicada corresponde à de um radionuclídeo emissor de partículas alfa.

Anexo IV - Diretiva 2003/122/EURATOM

31.12.2003

PT

Jornal Oficial da União Europeia

L 346/57

DIRETIVA 2003/122/EURATOM DO CONSELHO

de 22 de Dezembro de 2003

relativa ao controlo de fontes radioactivas seladas de actividade elevada e de fontes órfãs

O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia da Energia Atómica e, nomeadamente, o segundo parágrafo do seu artigo 31.º e o seu artigo 32.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão ⁽¹⁾, elaborada após parecer de um grupo de personalidades nomeadas pelo Comité Científico e Técnico, entre peritos cientistas dos Estados-Membros, nos termos do artigo 31.º do Tratado,

Após consulta ao Comité Económico e Social Europeu,

Tendo em conta o parecer do Parlamento Europeu,

Considerando o seguinte:

- (1) O artigo 30.º do Tratado exige que se estabeleçam na Comunidade normas de base para a protecção sanitária dos trabalhadores e da população em geral contra os perigos resultantes de radiações ionizantes.
- (2) A Directiva 96/29/Euratom do Conselho, de 13 de Maio de 1996, que fixa as normas de segurança de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes ⁽²⁾, dá continuidade às directivas que estabelecem normas de segurança de base desde 1959.
- (3) A alínea e) do n.º 1 do artigo 4.º da Directiva 96/29/Euratom exige uma autorização prévia para certas práticas, como a utilização de fontes radioactivas para fins de radiografia industrial, o processamento de produtos ou a exposição de pessoas para tratamento médico. Esta exigência deve ser tomada extensiva a todas as práticas que impliquem a utilização de fontes radioactivas de actividade elevada, a fim de continuar a reduzir a probabilidade de acidentes com essas fontes.
- (4) Antes da autorização, deverão existir medidas e disposições adequadas para a gestão segura das fontes.
- (5) A Agência Internacional da Energia Atómica (AIEA) publica regulamentos relativos ao transporte seguro de materiais radioactivos, que incluem limites de actividade para os requisitos dos regulamentos e que devem constituir uma base adequada para a definição de fontes seladas de actividade elevada no âmbito da presente directiva ⁽³⁾.

(6) A Directiva 96/29/Euratom estabeleceu valores de isenção para a notificação de uma prática às autoridades. Esses valores foram identificados nessa directiva com base num nível de risco negligenciável. Na medida em que os requisitos da presente directiva não devam representar, para os detentores de pequenas fontes, um encargo administrativo desproporcionado em relação aos possíveis danos para a saúde, a definição de fontes de actividade elevada não deve ser tornada extensiva aos níveis de isenção previstos na Directiva 96/29/Euratom.

(7) As transferências de fontes seladas entre Estados-Membros estão sujeitas ao procedimento previsto no Regulamento (Euratom) n.º 1493/93, de 8 de Junho de 1993, sobre transferências de substâncias radioactivas entre Estados-Membros ⁽⁴⁾.

(8) Embora estes requisitos legais decorrentes da legislação em vigor a nível comunitário e a nível nacional garantam uma protecção de base, as fontes de actividade elevada continuam a apresentar riscos potenciais consideráveis para a saúde humana e o ambiente, pelo que têm de ser submetidas a um controlo rigoroso desde o momento em que são fabricadas até serem colocados numa instalação reconhecida para armazenagem a longo prazo ou definitiva.

(9) A prevenção de acidentes radiológicos e de lesões provocadas por radiações exige que a localização de cada fonte selada de actividade elevada seja conhecida, registada e verificada desde o momento em que a fonte é fabricada ou importada para a Comunidade até ao momento em que é colocada numa instalação reconhecida para armazenagem a longo prazo ou definitiva ou exportação para fora da Comunidade e que as alterações da situação de uma fonte de actividade elevada, por exemplo, da localização ou da utilização, sejam registadas e notificadas. Em nenhuma circunstância razoavelmente previsíveis a reutilização, reciclagem ou armazenagem definitiva adequadas dessas fontes uma vez fora de uso devem ser dificultadas por obstáculos físicos ou financeiros.

(10) Os casos de exposição não intencional devem ser notificados à autoridade competente.

(11) A circulação de fontes radioactivas de actividade elevada dentro da Comunidade torna necessário harmonizar o controlo e a informação sobre essas fontes através da aplicação de critérios mínimos.

(12) A experiência mostra que, mesmo com um quadro regulamentar adequado, se pode perder o controlo das fontes de actividade elevada. Além disso, a existência de fontes órfãs resultantes de actividades passadas torna necessária a adopção de medidas específicas.

⁽¹⁾ Parecer de 18 de Novembro de 2003 (ainda não publicado no Jornal Oficial).

⁽²⁾ JO L 159 de 29.6.1996, p. 1.

⁽³⁾ AIEA Safety Standards Series N.º TS-R-1 (ST, revisto), Viena, 2000.

⁽⁴⁾ JO L 148 de 19.6.1993, p. 1.

DIRETIVAS

DIRETIVA 2011/70/EURATOM DO CONSELHO

de 19 de Julho de 2011

que estabelece um quadro comunitário para a gestão responsável e segura do combustível irradiado e dos resíduos radioactivos

O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia da Energia Atómica, nomeadamente os artigos 31.º e 32.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão Europeia, elaborada após obtenção do parecer de um grupo de pessoas designadas pelo Comité Científico e Técnico de entre a comunidade de peritos científicos dos Estados-Membros,

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social Europeu ⁽¹⁾,

Tendo em conta o parecer do Parlamento Europeu ⁽²⁾,

Considerando o seguinte:

- (1) O artigo 2.º, alínea b), do Tratado que institui a Comunidade Europeia da Energia Atómica («Tratado Euratom») prevê o estabelecimento de normas de segurança uniformes destinadas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores.
- (2) O artigo 30.º do Tratado Euratom prevê o estabelecimento de normas de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.
- (3) O artigo 37.º do Tratado Euratom exige que os Estados-Membros forneçam à Comissão os dados gerais de todos os projectos de eliminação de resíduos radioactivos.
- (4) A Directiva 96/29/Euratom do Conselho ⁽³⁾ estabelece as normas de segurança de base relativas à protecção sanitária dos trabalhadores e da população contra os perigos resultantes das radiações ionizantes. Essa directiva foi complementada por legislação mais específica.
- (5) Como reconhecido pelo Tribunal de Justiça da União Europeia na sua jurisprudência, as disposições do capítulo

3 do Tratado Euratom, relativo à protecção sanitária, formam um todo coerente que confere à Comissão competências bastante amplas com vista à protecção da população e do ambiente contra os riscos de contaminação nuclear ⁽⁴⁾.

- (6) A Decisão 87/600/Euratom do Conselho, de 14 de Dezembro de 1987, relativa a regras comunitárias de troca rápida de informações em caso de emergência radiológica ⁽⁵⁾, estabeleceu um quadro para a notificação e o fornecimento de informações, que os Estados-Membros devem utilizar a fim de proteger o público em geral em caso de emergência radiológica. A Directiva 89/618/Euratom do Conselho, de 27 de Novembro de 1989, relativa à informação da população sobre as medidas de protecção sanitária aplicáveis e sobre o comportamento a adoptar em caso de emergência radiológica ⁽⁶⁾, impôs aos Estados-Membros obrigações de informação da população em caso de emergência radiológica.

- (7) A Directiva 2003/122/Euratom ⁽⁷⁾ prevê disposições relativas ao controlo de fontes radioactivas seladas de actividade elevada e de fontes órfãs, incluindo as fontes fora de uso. Em conformidade com a Convenção Conjunta sobre a Segurança da Gestão do Combustível Irradiado e a Segurança da Gestão dos Resíduos Radioactivos («Convenção Conjunta»), o Código de Conduta da Agência Internacional da Energia Atómica («AIEA») sobre a segurança e salvaguardas de fontes radioactivas e as práticas industriais em vigor, as fontes seladas fora de uso podem ser reutilizadas, recicladas ou eliminadas. Em muitos casos, tal exige a devolução da fonte radioactiva ou do equipamento radioactivo que incorpore a fonte, ao fornecedor ou fabricante, para reciclagem ou processamento.

- (8) A Directiva 2006/21/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Março de 2006, relativa à gestão dos resíduos de indústrias extractivas ⁽⁸⁾, abrange a gestão de resíduos das indústrias extractivas que possam ser radioactivos, embora excluindo os aspectos especificamente ligados à radioactividade, os quais constituem matéria regulada pelo Tratado.

⁽¹⁾ Parecer de 4 de Maio de 2011 (ainda não publicado no Jornal Oficial).

⁽²⁾ Parecer de 23 de Junho de 2011 (ainda não publicado no Jornal Oficial).

⁽³⁾ JO L 159 de 29.6.1996, p. 1.

⁽⁴⁾ C-187/87 (Colect. 1988, p. 5013) e C-29/99 (Colect. 2002, p. I-11221).

⁽⁵⁾ JO L 371 de 30.12.1987, p. 76.

⁽⁶⁾ JO L 357 de 7.12.1989, p. 31.

⁽⁷⁾ JO L 346 de 31.12.2003, p. 57.

⁽⁸⁾ JO L 102 de 11.4.2006, p. 15.

Anexo VI – Formulários da Direção Geral de Saúde

Versão 07/08/2015



ANEXO A

(aos Formulários 1 e 2)

Este anexo é composto das seguintes secções:

- A.1. Estudo das barreiras de proteção
Esquema da instalação radiológica
- A.2. Trabalhadores expostos
- A.3. Equipamento de proteção individual
- A.4. Controlo de qualidade

Deverá ser preenchida uma secção A.1. por cada *instalação radiológica* objeto do pedido de licenciamento.

No estudo das barreiras de proteção, deve ser sempre observado o método de cálculo previsto no Anexo III do Decreto-Lei nº 180/2002 – está disponível no sítio da DGS, um [guia prático de apoio ao preenchimento](#). O estudo apresentado poderá ser *complementado* com o recurso a outros métodos.

As secções A.2. a A.4. são comuns à entidade.

Preencher 1 exemplar desta tabela para cada instalação radiológica/equipamento a licenciar:

Entender, se necessário

☐ Estudo realizado pelo método de 180/2002

☐ Estudio realizado por método alternativo.⁶ Indicá-lo:

Nome do Responsável:		
Número de BI/CC:	Especialidade:	Número de cédula profissional:

¹ Tradução realizada do inglês: *surveys and statistics of mortality*

² Declaração dos bombeiros na reunião de médicos emérito.

2. Utilização da barra na parte da página seguinte.

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Caixa Postal 24630-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁷ Comissão de Acordos com o Anísio III do Unicef-Latín I nº 190/2002, de 8 de Agosto. Poder-se-ia contrariar a qual prática é?

E obrigatória a apresentação do estudo realizado seguindo o método do DL 180/2002. Este pode ser complementar com estudos realizados a outros métodos.

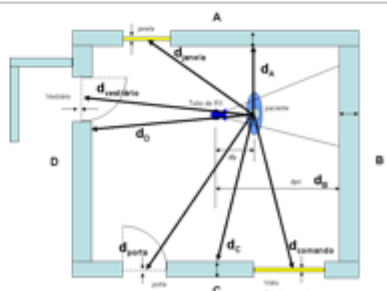
congenita a queres saber se esse tumor é benigno ou maligno, o melhor é fazer um exame de ressonância ou tomografia computadorizada para avaliar a extensão da lesão. Se for benigno, a remoção cirúrgica é suficiente. Se for maligno, será necessário tratamento adicional, como quimioterapia ou radioterapia.

Esquema da instalação radiológica

Desenhar um esquema (ou anexar uma planta) indicando todos os elementos referidos:

A planta ou esquema deve conter especificamente:

1. Localização da ampola de raios-X na sala, indicando a posição do foco;
2. Localização do paciente na sala;
3. Para equipamentos de tomografia computadorizada, indicação das curvas de isodose do equipamento;
4. Definição de todas as distâncias às barreiras de proteção anteriormente identificadas;
5. Classificação das zonas (Pública, Viglada, Controlada);
6. Identificação dos pontos de sinalética de radiações e de sinalização luminosa existentes.



(Exemplo de configuração típica para uma instalação radiológica)

A.2. Trabalhadores expostos

Identificação

Para cada um dos trabalhadores expostos identificados em I-4 do Formulário [incluindo o Responsável], indicar:

Nome	Número de BI/CC	Categoria (A/B)	Monitorizado (Sim/Não)	Tipo de dosímetro (TLD/Filicula/Arma)	Vínculo laboral (Quadro da entidade/Externo)	É trabalhador exposto noutras entidades? (Sim/Não)	Data da aptidão para trabalho com radiações ionizantes ^a

(repletar, se necessário)

Vigilância da saúde

Preencher conforme aplicável:

Número total de trabalhadores da entidade: _____

☐ Serviço interno

Nome do médico responsável pela vigilância:	<input type="checkbox"/> Especialista em Medicina do Trabalho; cédula nº _____ <input type="checkbox"/> Autorização transitória nº _____ <input type="checkbox"/> Curso de Medicina do Trabalho finalizado até 2000 <input type="checkbox"/> Autorização para exercício anterior a 1970 nº _____
Qualificação para o exercício: (escolher a opção adequada)	

☐ Serviço externo

Nome ou designação social da empresa prestadora:
NIF/NIPC:
Número de autorização:

^a Data da ficha de aptidão do trabalhador, emitida pelo médico do trabalho, com classificação de "Apto".

A.3. Equipamento de proteção individual

Especificar o equipamento de proteção individual existente:

Equipamento de proteção individual	Equivalência de Pb (mm)
Avental de chumbo <input type="checkbox"/>	
Protetor da tireóide <input type="checkbox"/>	
Protetor das gónadas <input type="checkbox"/>	
Escudo submandibular <input type="checkbox"/>	
Anteparo móvel <input type="checkbox"/>	
Outro <input type="checkbox"/>	

A.4. Controlo de qualidade

Especificar as condições de realização do controlo de qualidade:

Periodicidade prevista para a realização de medições de controlo de qualidade ⁹ :	
Data de realização dos testes de aceitação ¹⁰ :	

Nome do titular da instalação radiológica:	
Assinatura do titular da instalação radiológica:	
Data:	

⁹ Testes periódicos para demonstração do cumprimento dos critérios de aceitação delineados no DL 180/2002. Os resultados destas medições devem integrar o relatório anual de atividades a submeter à DGS, no primeiro trimestre de cada ano.

¹⁰ Testes iniciais de controlo de qualidade, para demonstração do cumprimento dos critérios de aceitação delineados no DL 180/2002.

Anexo VII – Regulamento nº1493/93 – EURATOM

19. 6. 93

Jornal Oficial das Comunidades Europeias

Nº L 148/I

I

(Actos cuja publicação é uma condição da sua aplicabilidade)

REGULAMENTO (EURATOM) Nº 1493/93 DO CONSELHO

de 8 de Junho de 1993

sobre transferências de substâncias radioactivas entre Estados-membros

O CONSELHO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia da Energia Atómica e, nomeadamente, os seus artigos 31º e 32º,

Tendo em conta a proposta da Comissão⁽¹⁾, elaborada após parecer de um grupo de personalidades designadas pelo Comité científico e técnico de entre peritos científicos dos Estados-membros,

Tendo em conta o parecer do Parlamento Europeu⁽²⁾,

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social⁽³⁾,

Considerando que, em 2 de Fevereiro de 1959, o Conselho adoptou directivas que estipulam normas de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes⁽⁴⁾, especialmente alteradas pela Directiva 80/836/Euratom⁽⁵⁾;

Considerando que, nos termos do artigo 3º da Directiva 80/836/Euratom, cada Estado-membro deve tornar obrigatória a declaração das actividades que impliquem um risco resultante de radiações ionizantes; que, tendo em conta os eventuais perigos e outras considerações pertinentes, estas actividades estão sujeitas a uma autorização prévia em casos determinados por cada Estado-membro;

Considerando que, por conseguinte, os Estados-membros criaram nos respectivos territórios sistemas que preencham os requisitos do artigo 3º da Directiva 80/836/Euratom; que, por conseguinte, os Estados-membros continuam a assegurar, nos respectivos territórios, um nível de protecção comparável mediante controlos internos por

eles aplicados, com base em normas nacionais compatíveis com as disposições comunitárias e internacionais em vigor;

Considerando que as transferências de resíduos radioactivos entre Estados-membros e à entrada e saída da Comunidade estão sujeitas a medidas específicas estipuladas na Directiva 92/3/Euratom⁽⁶⁾; que os Estados-membros devem adoptar as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento à Directiva 92/3/Euratom, o mais tardar até 1 de Janeiro de 1994; que cada Estado-membro deve garantir uma gestão correcta dos seus próprios resíduos radioactivos;

Considerando que a supressão dos controlos fronteiriços na Comunidade desde 1 de Janeiro de 1993 privou as autoridades competentes dos Estados-membros de informações colhidas através desses controlos em relação às transferências de substâncias radioactivas; que é necessário que as autoridades competentes interessadas recebam o mesmo tipo de informações que anteriormente para continuarem a efectuar os seus controlos para efeitos de protecção contra radiações; que o sistema comunitário de declaração e prestação de informações facilitaria a manutenção do controlo de protecção contra radiações; que um sistema de declaração prévia é necessário para as transferências de fontes seladas e resíduos radioactivos;

Considerando que os materiais cindíveis especiais definidos no artigo 197º do Tratado Euratom estão sujeitos ao disposto no título II, capítulo VII, salvaguardas, do referido Tratado; que o transporte desses materiais está sujeito a obrigações dos Estados-membros e da Comissão decorrentes da Convenção internacional sobre a protecção física de materiais nucleares (AIEA 1980);

Considerando que o presente regulamento não prejudica a prestação de informações e os controlos estipulados por motivos que não os de protecção contra as radiações,

⁽¹⁾ JO nº C 347 de 31. 12. 1992, p. 17.

⁽²⁾ JO nº C 150 de 31. 5. 1993.

⁽³⁾ JO nº C 19 de 25. 1. 1993, p. 13.

⁽⁴⁾ JO nº 11 de 20. 2. 1959, p. 221/59.

⁽⁵⁾ JO nº L 246 de 17. 9. 1980, p. 1. Directiva alterada pela Directiva 84/467/Euratom [JO nº L 265 de 5. 10. 1984, p. 4]

⁽⁶⁾ JO nº L 35 de 12. 2. 1992, p. 24.

Anexo VIII – Documento normalizado para o regulamento nº1493/93.



INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
Unidade de Protecção e Segurança Radiológica

Transferência de Fontes Radioactivas Seladas entre Estados-Membros da União Europeia *Shipment of Sealed Sources between the Member States of the European Community* Documento Normalizado a utilizar ao abrigo do Regulamento (Euratom) n.º 1493/93 do Conselho *Standard document to be used pursuant to Council Regulation (EEC) No 1493/93*

1. A Presente Declaração diz Respeito a (this declaration concerns):

Uma Transferência ☐ (one shipment) (o impresso é válido até completa realização da transferência, excepto declaração em contrário no ponto 6 / this form is valid until the shipment is completed unless otherwise stated in box 6)
Várias Transferências ☐ (several shipments) (o impresso é válido por três anos, excepto declaração em contrário no ponto 6 / this form is valid for three years unless otherwise stated in box 6)

Data prevista da transferência (expected date of shipment):

2. Destino da(s) Fonte(s) (destination of the source(s)):

Entidade Autorizada (name of consignee):

Pessoa a Contactar (person to contact):

Endereço (address):

Telefone:

Fax:

email:

3. Detentor da(s) Fonte(s) no País de Expedição (holder of the source(s) in the forwarding country):

Nome do Detentor (name of holder):

Pessoa a Contactar (person to contact):

Endereço (address):

Telefone:

Fax:

email:

4. Descrição da(s) Fonte(s) (description of the source(s) involved in the shipment(s)):

a) Radionuclídeos /Radionuclides						
b) Actividade máxima por fonte / maximum activity of individual source (Bq)						
c) Número de fontes / number of sources						

d) Breve descrição da máquina/dispositivo/equipamento em que a(s) fonte(s) selada(s) se encontra(m) montada(s) (se aplicável) (if this (these) sealed source(s) is (are) mounted in (a) machinery/device/equipment, short description of the machinery/device/equipment):

e) Indicar a norma técnica nacional ou internacional observada pela(s) fonte(s) selada(s) e número do certificado (se os dados estiverem disponíveis e as autoridades competentes o exigirem) (indicate, if available and requested by the competent authorities: national or international technical standard with which the sealed source(s) complies) and certificate number; date of expiry of certification; name of the manufacturer and catalogue reference):

5. Declaração da Entidade Autorizada ou Responsável (declaration of the authorized or responsible person):

- Eu, destinatário, abaixo assinado, declaro que as informações contidas no presente impresso são correctas (I, the consignee, hereby certify that the information provided in this form is correct).

- Eu, destinatário, abaixo assinado, declaro que me foi concedida uma licença, autorização ou que estou habilitado a receber a(s) fonte(s) descrita(s) no presente impresso (I, the consignee, hereby certify that I am licensed, authorized or otherwise permitted to receive the source(s) described in this form).

Número de licença, autorização ou outra habilitação (se aplicável) e respectiva data de validade:
(licence, authorization or other permission number (if applicable) and validity date thereof)

- Eu, destinatário, abaixo assinado, declaro preencher todos os requisitos nacionais relevantes, nomeadamente os relacionados com a armazenagem, utilização ou eliminação seguras da(s) fonte(s) descrita(s) no presente impresso (I, the consignee, hereby certify that I comply with all the relevant national requirements, such as those relating to the safe storage, use or disposal of the source(s) described in this form).

- Nome (name):

Assinatura (signature):

Data (date):

6. Confirmação da Tomada de Conhecimento desta Declaração pela Autoridade Competente do País do Destinatário: (confirmation by the competent authority of the consignee country that it has taken note of this declaration)

Instituto Tecnológico e Nuclear
Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa
Estrada Nacional 10, Apartado 21, 2686-953, Sacavém, Portugal
Telefone: +351 21 004 0000
Telefax: +351 21 004 1005
Email: geral@tecnico.ulisboa.pt

Assinatura e carimbo:
(signature and stamp)

A presente declaração é válida até (se aplicável) (this declaration is valid until (if applicable)):

Notas

O destinatário de fontes seladas deve preencher os pontos 1 a 5 e enviar o impresso à autoridade competente do seu país.
A autoridade competente do Estado-Membro do destinatário deve preencher o ponto 6 e devolver o impresso ao destinatário.
Todas as secções do presente impresso devem ser devidamente preenchidas, assinando-se as quadrículas adequadas.
O destinatário deve então enviar o impresso ao detentor no país de expedição antes da transferência das fontes seladas.

Anexo IX – Documentos Mina Neves Corvo

FONTES IONIZANTES LAVARIA DO ZINCO						
Instrumento (tag no.)	Fonte	Actividade mCi	Serviço	Fornecedor	Local	Desenho de Localização
DT - 340	Cs 137	50	Densímetro	Ronan	Ciclones da Remoagem Cu	PL2480005 Rev. 5
DT - 071	Cs 137	50	Densímetro	Ronan	Espessador Concentrado Zn	PL2480005 Rev. 5
DT - 627	Cs 137	100	Densímetro	Ronan	Ciclones da Remoagem Pb	PL2480005 Rev. 5
DT - 779	Cs 137	50	Densímetro	Ronan	Espessador Concentrado Pb	PL2480005 Rev. 5
COURIER 6SL	XRF	50KV/4mA	Analisador Processo	Outokumpu	Flutuação do Zinco	PL2480005 Rev. 5
DT30101	Cs 137	20	Densímetro	Ronan	Ciclones Primários Zn	PL2480005 Rev. 5
DT30103	Cs 137	20	Densímetro	Ronan	Ciclones Secundários Zn	PL2480005 Rev. 5
DT30106	Cs 137	10	Densímetro	Ronan	Ciclones da Remoagem Zn	PL2480005 Rev. 5
DT - 358	Cs 137	100	Densímetro	Ronan	Concentrado Zinco Circuito RZ	PL2480005 Rev. 5

**FONTES IONIZANTES
LAVARIA DO COBRE**

Instrumento (tag no.)	Fonte	Actividade mCi	Serviço	Fornecedor	Local	Desenho de Localização
AT - 4001	Pu 238 Am 241	30 3	Analizador Processo	Amdel	Alimentação PM01	648032001 Rev.10
AT - 4003	Pu 238 Am 241	30 3	Analizador Processo	Amdel	Concentrado Final PM10A	648032001 Rev.10
AT - 4005	Pu 238 Am 241	30 3	Analizador Processo	Amdel	Rejeitado PM5	648032001 Rev.10
AT - 4007	Pu 238	95	Analizador Processo	Thermo Fisher	Flutuação	648032001 Rev.10
DT - 3551	Cs 137	500	Densímetro	Ronan	Ciclones Remoagem A	648032001 Rev.10
DT - 3552	Cs 137	500	Densímetro	Ronan	Ciclones Remoagem B	648032001 Rev.10
DT - 4501	Cs 137	300	Densímetro	Ronan	Scalper	648032001 Rev.10
DT - 4581	Cs 137	300	Densímetro	Ronan	Espessador Lamelas A	648032001 Rev.10
DT - 4582	Cs 137	300	Densímetro	Ronan	Espessador Lamelas B	648032001 Rev.10
DT - 5501	Cs 137	100	Densímetro	Ronan	Espessador Concentrado	648032001 Rev.10
DT - 793	Cs 137	100	Densímetro	Ronan	Concentrado Zinco Circuito RC	648032001 Rev.10

CENTRAL DE PRODUÇÃO DE PASTA

Instrumento (tag no.)	Fonte	Actividade MBq	Serviço	Fornecedor	Local	Desenho de Localização
DE-24134	Cs 137	370	Densímetro	Endress Hauser	Alimentação Espessador Flsmith	PL-25-80-0001 Rev. 2
DE-24010	Cs 137	370	Densímetro	Ronan	U/F Espessador Flsmith	PL-25-80-0001 Rev. 2
DT - 24020	Cs 137	50	Densímetro	Ronan	Alimentação Esp. N.º 2 Pasta	PL-25-80-0001 Rev. 2
DT - 24144	Cs 137	10	Densímetro	Ronan	U/F Esp. N.º 2 Pasta	PL-25-80-0001 Rev. 2



Directiva Operacional Nacional nº 3 – NRBQ

**Dispositivo Integrado de Operações
Nuclear, Radiológico, Biológico e Químico**
Outubro de 2010



MINISTÉRIO DA
ADMINISTRAÇÃO
INTERNA



AUTORIDADE NACIONAL DE PROTECÇÃO CIVIL

APÊNDICE 2 AO ANEXO 3 À DON N.º 03/2010/ANPC

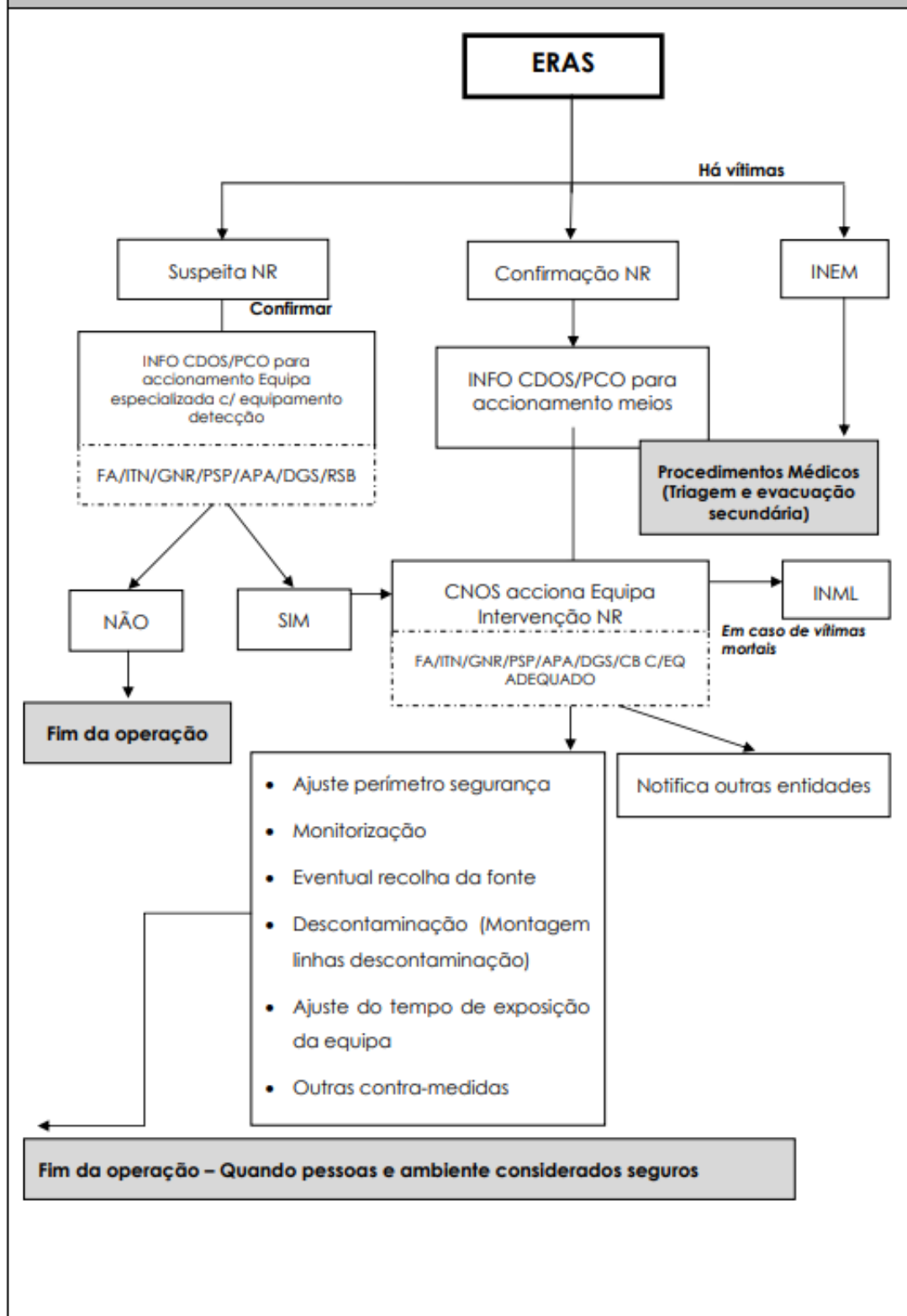
ÁREA DE INTERVENÇÃO NUCLEAR/RADIOLÓGICA

NUCLEAR E RADIOLÓGICO
Entidade Coordenadora: Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC)
Entidades Intervenientes: <ul style="list-style-type: none">• Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC)• Guarda Nacional Republicana (GNR)• Polícia de Segurança Pública (PSP)▪ Polícia Judiciária (PJ)• Forças Armadas (FA)• Regimento de Sapadores de Bombeiros de Lisboa (RSB)• Batalhão de Sapadores Bombeiros do Porto (BSB)• Companhia de Bombeiros Sapadores de Setúbal (CBSS)• Companhia de Bombeiros Sapadores de Coimbra (CBSC)• Bombeiros Voluntários de Santa Maria da Feira (BV SMF)• Restantes Corpos de Bombeiros (CB)▪ Instituto de Meteorologia (IM)• Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM)▪ Direcção-Geral da Autoridade Marítima/Polícia Marítima (DGAM)▪ Cruz Vermelha Portuguesa (CVP)• Direcção-Geral da Saúde (DGS)• Instituto Nacional de Medicina Legal (INML)• Agência Portuguesa do Ambiente (APA)▪ Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG)▪ Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN)▪ Serviço de Informações de Segurança (SIS)▪ Câmaras Municipais / Serviços Municipais de Protecção Civil (SMPC)

Prioridades de acção:

1. Assegurar que são mobilizados para o Teatro de Operações (TO) os meios mais adequados com vista a confirmar a presença de agentes Nucleares e/ou Radioactivos (NR);
2. Garantir, através das Forças de Segurança e com o apoio das autoridades técnicas de intervenção em emergências radiológicas (APA, DGS e ITN) e/ou outras entidades técnicas especializadas, a implementação das necessárias medidas de segurança no local, nomeadamente através da definição e manutenção de um perímetro de segurança;
3. Garantir a rápida montagem, no TO, de um Posto de Comando Operacional Conjunto (PCOC) que permita assegurar, em permanência, o Comando e Controlo da situação, integrando o apoio técnico necessário à tomada de decisão, a fornecer pelas entidades especializadas;
4. Garantir a implementação das necessárias medidas de protecção, quer em relação aos operacionais envolvidos, quer em relação à população em geral;
5. Garantir, sempre que necessário, a montagem e operação de linhas de descontaminação;
6. Garantir um cálculo expedito da dose recebida e
7. Assegurar uma permanente monitorização do local;
8. Garantir a referenciação de todas as pessoas que possam ter estado em contacto com a fonte de radiação ou agente nuclear/radioactivo;
9. Garantir, através do INEM, a triagem e estabilização médica das vítimas no local, e a coordenação da evacuação secundária para as Unidades de Saúde adequadas, salvaguardando-se todos os bens transportados pelas vítimas da ocorrência, para fins de investigação criminal e de recolha de vestígios;
10. Assegurar os procedimentos necessários a uma eventual evacuação da população da área afectada, ou a aplicação de outras medidas pertinentes;
11. Garantir, desde o início do incidente, o envolvimento das respectivas Câmaras Municipais, nomeadamente através dos Serviços Municipais de Protecção Civil (SMPC);
12. Assegurar, através dos Órgãos de Polícia Criminal (OPC), uma correcta análise da situação no que respeita à origem da mesma, avaliando possíveis actos negligentes ou intencionais e
13. Garantir as condições necessárias à recolha de eventuais vestígios que se possam constituir como prova de possíveis actos negligentes ou intencionais.
14. Garantir o correcto tratamento das vítimas mortais, em respeito pelos procedimentos forenses em vigor, assegurando a necessária articulação entre as várias entidades competentes com vista a criar as condições necessárias à realização dos procedimentos técnicos para identificação dos cadáveres, os quais não podem ser dispensados. Para se poderem realizar estes procedimentos são necessárias medidas especiais de segurança a definir para cada caso concreto.

Procedimentos e Instruções de coordenação:



Anexo XI – Organismos

AIEA- Agência Internacional de Energia Atômica

A AIEA foi criada em 1957 em resposta aos profundos medos e expectativas geradas pelas descobertas e diversos usos da tecnologia nuclear.

A agência foi criada como a organização mundial “Atoms for Peace” da família das nações unidas. Desde o início foi dado o mandato de trabalhar com seus Estados membros e múltiplos parceiros em todo mundo para promover tecnologias nucleares e seguras, seguras e pacíficas. Os objetivos da dupla missão da AIEA, promover e controlar o Atom.



Com o incremento da proliferação nuclear na década de 1990, as tarefas da AIEA passaram a incluir as inspeções e investigações de suspeitas violações do Tratado de Não-Proliferação Nuclear sob mandato das Nações Unidas; contudo, caso encontre indícios de uso militar em programas que inspeciona, apenas poderá reportá-los ao Conselho de Segurança das Nações Unidas, que detém o exclusivo de medidas coercivas. A AIEA mantém, como um dos seus instrumentos, o **International Nuclear Information System (INIS)**, uma base de dados sobre a utilização pacífica da energia nuclear.

EURATOM - Comunidade Europeia da Energia Atômica

A Comunidade Europeia da Energia Atômica (CEEA ou Euratom) é uma organização com estatuto legal próprio, à parte da União Europeia, mas governada pelos seus Estados-membros.

Foi criada a 25 de março de 1957, juntamente com a Comunidade Económica Europeia, pelo Tratado de Roma. Em 1967 foi enquadrada nas instituições executivas da Comunidade Económica Europeia, mas mantém até hoje uma natureza legal distinta da própria União Europeia.



De um modo geral, os principais objetivos do Tratado Euratom original mantêm-se, sendo o principal alcançar a independência energética através do uso da energia nuclear.

Outros objetivos subsidiários são a cooperação no desenvolvimento e utilização da energia nuclear; a promoção da investigação da energia nuclear; a criação de um mercado comum de equipamentos e materiais nucleares, de modo a que todos os Estados-Membros pudessem beneficiar do uso desta energia; estabelecer normas de segurança uniformes com vista a proteger a saúde da população e dos trabalhadores da indústria; e garantir que os materiais nucleares não são desviados para fins diferentes daqueles a que se destinam, em particular militares.

Desde o final da Guerra fria, a Euratom é particularmente importante na ajuda que dá aos países de Leste para o desenvolvimento das condições de segurança nas centrais de energia atómica.

A CEEA só tem competência no domínio da energia nuclear para fins civis. De acordo com o Tratado, as missões específicas da CEEA são as seguintes:

- Desenvolver a investigação e assegurar a difusão dos conhecimentos técnicos relativos à investigação nuclear.
- Estabelecer normas de segurança uniformes destinadas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores (educação e formação profissional) e velar pela sua aplicação.
- Facilitar os investimentos e assegurar, designadamente encorajando as iniciativas das empresas, a criação das instalações essenciais ao desenvolvimento da energia nuclear da UE.
- Velar pelo aprovisionamento regular e equitativo (de acordo com o princípio de igualdade de acesso aos recursos) de todos os utilizadores da Comunidade em minérios e combustíveis nucleares.
- Garantir que os materiais nucleares civis não sejam desviados para fins diferentes daqueles a que se destinam.
- Exercer o direito de propriedade que lhe é reconhecido sobre os materiais cindíveis especiais.

- Promover o progresso através da utilização pacífica da energia nuclear em colaboração com os países terceiros e as organizações internacionais.
- Constituir Empresas Comuns, tendo em vista um projeto específico de desenvolvimento da indústria nuclear europeia.

COMRSIN – Comissão Reguladora para a Segurança das Instalações Nucleares

A COMRSIN é uma entidade independente, funcionalmente distinta de qualquer outro organismo ou organização ligado à promoção ou utilização da energia nuclear ou dos materiais radioativos - incluindo a produção de eletricidade, as aplicações de radioisótopos e a gestão do combustível irradiado e dos resíduos radioativos.



A COMRSIN tem por objetivo assegurar as funções que lhe são legalmente atribuídas, definindo com independência a orientação das suas atividades e exercendo os necessários poderes de regulação e de supervisão.

A COMRSIN tem por missão tomar, no âmbito das suas competências, todas as medidas necessárias e adequadas para se alcançar um elevado nível de segurança e responsabilidade nas instalações nucleares civis e na gestão do combustível irradiado e dos resíduos radioativos, oriundos de aplicações civis, a fim de proteger os trabalhadores, o público em geral e o ambiente contra os perigos resultantes das radiações ionizantes e de evitar encargos desnecessários às gerações futuras.

A COMRSIN tem como principais competências licenciar, fiscalizar e regular as atividades de qualquer instalação nuclear civil, bem como as atividades e as

instalações de gestão, em todas as suas fases, de combustível irradiado e de resíduos radioativos oriundos de aplicações civis.

A COMRSIN zela pela preservação e promoção da melhoria contínua da segurança nuclear e da gestão segura e responsável do combustível irradiado e de resíduos radioativos, nomeadamente:

- promovendo a elaboração de legislação e regulamentação necessárias nos domínios da segurança nuclear e gestão segura e responsável do combustível irradiado e dos resíduos radioativos;
- monitorizando as atividades e instalações referidas através de ações de fiscalização e vigilância, com o objetivo de desenvolver um plano nacional que vise preservar e desenvolver qualificações e competências no domínio da proteção e segurança nuclear e radiológica;
- adotando as disposições necessárias à proteção dos trabalhadores daquelas instalações, bem como da população em geral, no que se refere aos riscos de contaminação nuclear e aos perigos resultantes das radiações ionizantes.

A COMRSIN tem, ainda, como competência facultar aos trabalhadores e ao público em geral as informações necessárias sobre a regulamentação da segurança nuclear e da gestão segura e responsável do combustível irradiado e dos resíduos radioativos, em conformidade com a legislação nacional e as obrigações internacionais, desde que tal não prejudique outros interesses, designadamente em matéria de segurança nacional, reconhecidos na legislação nacional e nas obrigações internacionais.

DGS – Direção Geral de Saúde

A DGS é um serviço central do Ministério da Saúde, integrado na administração direta do Estado, dotado de autonomia administrativa.

A Direção-Geral da Saúde tem por missão, regulamentar, orientar e coordenar as atividades de promoção da saúde e prevenção da doença, definir as condições técnicas para adequada prestação de cuidados de saúde, planear e programar a política nacional para a qualidade no sistema de saúde, bem como assegurar a elaboração e execução do Plano Nacional de Saúde e, ainda, a coordenação das relações internacionais do Ministério da Saúde.



CTN / IST– Campus Tecnológico Nuclear, Instituto Superior Técnico

O Campus Tecnológico e Nuclear do Instituto Superior Técnico (ITN/IST), sigla derivada da sua anterior denominação) constitui um espaço de investigação deste instituto dedicado à energia nuclear, situado na Quinta dos Remédios, na Bobadela, ao km 139 da EN 10.

O ITN/IST funciona como o campus do IST de Loures sendo, desde 2013, o único pólo da Universidade de Lisboa situado no concelho de Loures. Aí se localiza o único reator nuclear português.



O Campus Tecnológico e Nuclear do Pólo de Loures do IST, enquanto estrutura de ensino, investigação e prestação de serviços, mantém a mesma missão e atribuições que o extinto ITN, I.P., nomeadamente efetuar e promover a investigação científica e o desenvolvimento tecnológico, em especial no domínio das ciências e técnicas nucleares, da proteção e segurança radiológica, bem como, nesse âmbito, desenvolver ações de formação graduada e pós-graduada e a atualização permanente de técnicos e ainda promover a divulgação da ciência nas suas áreas de especialidade.

O seu atual estatuto foi alterado por decisão do Governo, por força do Decreto-Lei nº 125/2011, que vem integrar o ITN no Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.